# LA NATURE

REVUE DES SCIENCES ET DE LEURS APPLICATIONS




## LA CONSERVATION DES RUINES

Église abbatiale d'Ourscamp (Oise), ruines de la façade méridionale (*Archives photographiques*).


N° 3212 — Décembre 1952 Revue mensuelle Le Numéro : 200 francs

# Actualités et informations

*Le projet de mise en valeur des grands gisements de lignite de la région de Yallourn, dans la vallée de Latrobe, en Australie, comporte le transport à Melbourne, par une canalisation de 150 km, du gaz des usines de traitement, pour l'alimentation de cette ville en énergie industrielle et chauffage domestique. On estime que dans peu d'années, la fabrication australienne de pétrole synthétique sera en mesure de réduire de moitié les importations. Les gisements de lignite fourniront également du coke de bonne qualité.*

*
* *

*Des expériences menées par l'Université du Witwatersrand ont montré que dans les régions favorables la production de maïs pouvait être quintuplée. Les fermiers sud-africains sèment leurs graines beaucoup trop dispersées et de l'herbe pousse entre les tiges, là où du maïs pourrait prospérer. Des semailles plus denses et des pulvérisations d'herbicides doivent permettre d'obtenir le résultat escompté.*

*
* *

*L'Institut français du Caoutchouc, fondé par les planteurs d'Indochine, a agrandi ses installations. L'hôtel de la rue Scheffer s'est augmenté d'un troisième bâtiment pour la recherche, avec des laboratoires nouveaux dotés des appareils les plus modernes. Une vaste bibliothèque, la plus riche qui soit en France pour la littérature du caoutchouc, est libéralement ouverte aux travailleurs du dehors ; un hall d'exposition permet d'apprécier la place que le caoutchouc, par ses mille applications, tient dans la vie moderne.*

*
* *

*Sir Ernest Oppenheimer a déclaré, à l'Assemblée générale de la De Beers Consolidated Mines à Kimberley, que l'année 1951 avait été exceptionnellement prospère pour l'industrie du diamant. Il s'attend à ce qu'il en soit de même pour 1952. Les ventes pour la joaillerie et les emplois industriels ont atteint le chiffre record de 65 millions de livres sterling contre 51 millions en 1950.*

*
* *

*Les importants gisements de bauxite de la Jamaïque sont maintenant en exploitation industrielle. Un premier chargement de 11 000 tonnes a été expédié aux États-Unis.*

## SOMMAIRE



### La production du Sisal en Oubangui-Chari

La production du Sisal se développe en Oubangui-Chari (Afrique Équatoriale Française). Près de 2 000 ha sont actuellement en culture. On estime que la récolte pour la présente année sera de l'ordre de 2 750 t de fibres.

Par des plantations à haute densité, 9 000 pieds à l'ha, et par la mécanisation de la coupe, on estime que la production pourra être portée à 15 000 t dans quatre ou cinq ans.

*
* *

*La Kaiser Aluminium and Chemical Cy aurait bréveté un procédé lui permettant d'obtenir des lingots d'aluminium pesant un peu plus de 3 tonnes, leur diamètre serait de 90 cm et leur longueur dépasserait légèrement 2 m, alors que les lingots utilisés actuellement ne pèsent qu'une tonne et que leur diamètre n'est que 45 cm.*

*Ces lingots géants permettront la fabrication pour l'aviation d'éléments d'une seule pièce qui seront plus résistants et demanderont moins d'heures d'usinage que les éléments semblables obtenus en plusieurs pièces.*

*Les États-Unis comptent déjà 17 millions de postes de télévision. Cent mille personnes sont employées par cette industrie. La Commission fédérale des transmissions a attribué des longueurs d'onde à 2 053 nouveaux émetteurs dont 242 exclusivement affectés à des émissions éducatives. Il en resultera un nouvel essor de la télévision américaine.*

*D'autre part, des essais de relais sur grande distance conduits par des savants et des spécialistes ont permis de capter une émission de télévision à une distance de 1 280 km.*

*
* *

*L'industrie des textiles artificiels bénéficie largement des progrès de l'automatisme : en douze ans, la production de rayonne et de fibres synthétiques, aux États-Unis, a progressé de 250 pour 100, alors que la main-d'œuvre nécessaire n'a augmenté que de 25 pour 100.*

*
* *

*Des recherches récentes ont montré qu'il était possible d'utiliser la pulvérisation de fréons liquides pour le refroidissement des noyaux de transformateurs électriques, en marche en circuit fermé. La suppression de l'huile et le pouvoir diélectrique élevé des fluorocarbures d'hydrogène permettraient la construction de transformateurs plus légers et de plus faible encombrement que ceux utilisant le refroidissement par huile.*

*
* *

*On vient d'essayer à Denver dans le Colorado un nouveau dispositif électronique réglant automatiquement la circulation automobile. Il compte les voitures et allonge automatiquement la durée d'allumage des feux verts dans les artères où passe la circulation la plus dense et la réduit dans les autres. L'expérience a donné pleine satisfaction et sera étendue à d'autres villes.*

*
* *

*La marine américaine a passé contrat pour la construction d'un second sous-marin atomique. Il aura les mêmes caractéristiques d'ensemble que le précédent, le Nautilus : il pourra filer vingt nœuds en plongée et y demeurer très longtemps sans avoir recours au système Schnorckel. Il coûtera 32 700 000 dollars, non compris la partie atomique de la machinerie.*


LA NATURE

**Revue mensuelle**

DUNOD, Éditeur

**Rédaction et Administration**

92, rue Bonaparte, PARIS-6e

C. C. P. Paris 75-45 — Tél. DAN. 99-15

**Publicité**

S. P. I. C., 2, rue Biot, PARIS-17e

C. C. P. Paris 5484-53 — Tél. MAR. 83-97

**ABONNEMENTS 1952**

France et Union fse : **un an : 2 000 francs six mois : 1 000 francs**

Etranger (sauf Belgique et Luxembourg) :
**un an : 2 500 francs six mois : 1 250 francs**

Belgique et Luxembourg :
**un an : 325 f belges six mois : 163 f belges**

Changement d'adresse : 30 F en timbres poste français ou l'équivalent en monnaie étrangère

N° 3212 Décembre 1952

LA NATURE

# LA CONSERVATION DES RUINES



**Fig. 1. — *Église abbatiale de Jumièges (Seine-Inférieure).***
Ruines de la nef vues du transept.
(*Archives photographiques*).



**Fig. 2. — *Église abbatiale de Saint-Wandrille (Seine-Inférieure).***
Ruines du croisillon nord du transept.
(*Archives photographiques*).

Nous allons examiner un aspect particulier du grand problème posé par la conservation des monuments anciens, problème qui intéresse à la fois les esthéticiens et les techniciens. Cette rapide étude complétera partiellement celle que nous avons esquissée en parlant des méthodes, anciennes et nouvelles, de restauration (*La Nature*, juillet 1952, p. 204).

Doit-on, peut-on conserver à l'état de ruines des édifices gravement mutilés par la guerre ou par toute autre cause accidentelle ou naturelle ? La réponse qu'on fera à ces questions engagera l'avenir de notre patrimoine monumental, plus que jamais menacé au siècle des guerres les plus impitoyables...

## *Doit-on conserver les ruines ?*

Nous avons dit tout le mal que les restaurations pratiquées suivant les méthodes de Viollet-le-Duc avaient fait subir aux monuments anciens. Nous avons également noté qu'un nouvel état d'esprit semblait, timidement encore, se faire jour parmi les architectes chargés de la réparation des édifices mutilés. Devant l'ampleur des travaux de réfection exigés par l'état de certains monuments ravagés par les guerres de ce temps, on ne peut se défendre de songer à ce principe de la conservation des ruines qui, en de nombreux cas, pourrait être appliqué à des églises qu'il semblerait impossible et sacrilège de reconstituer.

Loin de nous l'envie de défendre et d'illustrer la thèse romantique des amateurs de ruines. Une ruine est, en soi, le résultat déplorable de la plus inexpiable catastrophe et ce n'est pas en poète (pauvre poète, en vérité !) qu'il faut considérer les murs éventrés, les arceaux brisés et les voûtes béantes d'un édifice médiéval. Le temps atroce est passé où un révolutionnaire « sensible » détruisait partiellement l'abbaye d'Ourscamp (voir notre photo de couverture) pour faire de ses ruines le motif principal d'un jardin à l'anglaise. Mais le temps est plus pro-



**Fig. 3. — *Église abbatiale de Longpont (Aisne).***
Ruines de la façade méridionale.
(*Archives photographiques*).

che où d'excellents esprits réclamaient la conservation à l'état de ruine de la cathédrale de Reims durement mutilée par les Allemands de l'avant-dernière guerre. « N'ajoutez pas, disaient-ils en substance, les ravages de la restauration à ceux des bombardements ». C'était là sainement raisonner. D'autres ajoutaient qu'il est « des cicatrices qui magnifient ». Nous ne pouvons les suivre sur ce terrain néo-romantique. Ce n'est point par amour de leurs ruines qu'il eût fallu conserver, sinon celles de Notre-Dame de Reims, du moins celles de certains autres monuments plus mutilés encore, mais par impossibilité matérielle et spirituelle de restaurer les témoignages monumentaux d'une civilisation disparue.

Du point de vue de l'art, seul nous importe ce qui peut subsister d'authentique dans la structure ou le décor d'un édifice ancien. C'est bien cet *essentiel* que l'on retrouve, intouché, dans certaines ruines fameuses, conservées et entretenues comme telles. Citons, au hasard, les abbatiales de Jumièges et de Saint-Wandrille en Normandie, celles de Chaalis, de Longpont et d'Ourscamp en Ile-de-France (fig. 1 à 3 et couverture), celles de Trois-Fontaines en Champagne et d'Aulps en Savoie, la cathédrale de Maillezais en Poitou, etc. De nombreuses églises sont dans le même état en Angleterre, notamment l'abbatiale de Fountains et en Belgique celle de Villers. Du point de vue esthétique, ces monuments ruinés sont certainement beaucoup plus riches d'enseignements que telle église, ruinée par la Révolution et restaurée complètement sous Charles X, comme c'est le cas de l'abbatiale Saint-Yved à Braisne, dans l'Aisne, qui a à peu près complètement perdu sa saveur et son modelé primitifs (fig. 4 et 5).

Si la mesure était une vertu sur laquelle on puisse raisonnablement tabler, on dirait qu'il est des cas d'espèce et que, s'il eût été absurde de restaurer Jumièges, aux trois quarts détruit, il était légitime de réparer Saint-Gervais de Paris dont, à peu près seule, une partie des voûtes était atteinte (fig. 6). Dans ce dernier cas, deux solutions s'offraient aux architectes : reconstituer les voûtes effondrées, ce qui était apporter dans l'église des éléments neufs tout à fait regrettables, ou laisser les plaies béantes sous la charpente qui eût protégé la nef des intempéries. Des deux maux, quel était, pour Saint-Gervais, le moindre ? Le premier avait l'avantage de restituer à la nef de l'église une apparente unité au prix d'un apport moderne incontestable; le second respectait intégralement l'authentique unité de l'édifice, mais en laissant à jamais ouverte une plaie plus odieuse que ne le sont, tout compte fait, les pierres modernes aujourd'hui en place.

Le cas de Reims était plus grave (fig. 7), parce que plus graves étaient les atteintes causées à la cathédrale par les bombardements et l'incendie consécutif. Si l'on se fût contenté de lancer une voûte au-dessus des murs *réparés* des nefs et que l'on eût seulement *consolidé* le décor sculpté de l'admirable église, celle-ci ne serait pas l'édifice systématiquement reconstitué que nous savons. Mais compter sur la mesure des restaurateurs serait, la plupart du temps, une illusion...

Il est encore un autre point de vue à envisager qui est celui du culte. Une église chrétienne n'est pas un temple antique et, si l'on admet généralement qu'il serait impardonnable de restaurer le Parthénon, il peut paraître assez douloureux aux yeux des fidèles de ne pas tenter de rendre une existence matérielle normale à un édifice religieux qui se rattache à plusieurs siècles de tradition ininterrompue. Certes le culte, à Reims par exemple, aurait pu aussi bien se dérouler dans une cathédrale moderne, construite à un autre emplacement, des cérémonies exceptionnelles étant organisées dans la cathédrale à ciel ouvert, comme le fait se produit dans d'autres édifices en



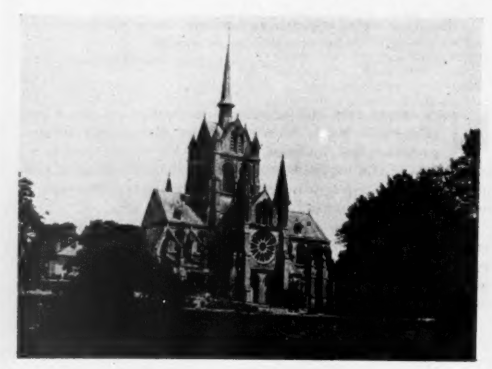


**Fig. 4 et 5. — *Église Saint-Yved à Braisne (Aisne).***
*A gauche* : Façades occidentale et méridionale avant leur restauration, vers 1820 ; à *droite* : Façade méridionale restaurée, état actuel.
(*Archives photographiques*).

ruines. Il faut souligner que se rencontrent curieusement sur ce terrain les esprits les plus apparemment opposés, à savoir les conservateurs intégristes comme M. Achille Carlier et les ecclésiastiques les plus novateurs, comme les Dominicains de la revue *L'Art Sacré*. Le témoignage récent d'un journaliste allemand que rapporte, en l'approuvant, cette revue, et qui réclamait la conservation, à l'état de ruines, de certaines églises colonaises ravagées par la dernière guerre (notamment l'église Sainte-Marie-du-Capitole) doit être particulièrement retenu. Ce journaliste chrétien souhaitait, lui aussi, que des cérémonies fussent, à certaines dates, organisées dans les ruines de ces églises.

Il reste qu'en dépit de leurs blessures profondes, des cathédrales comme celles de Reims ou de Soissons n'étaient pas mutilées au point de ne plus les considérer qu'au titre de ruines à entretenir. Ce qui a été fait pour les restaurer ne le fut qu'au nom du plus excessif esprit de système, que nous analysions naguère; ce que certains historiens ou archéologues, partisans de la ruine, proposaient pour Reims, était, finalement, abusif dans ce cas précis. Se tenir à mi-chemin des deux solutions extrêmes eût été la sagesse même. Mais où est la sagesse et où est la mesure ?

### *Peut-on conserver les ruines ?*

Les tenants de la restauration intégrale croient, à tort, que les partisans des ruines n'envisagent aucun entretien méthodi-

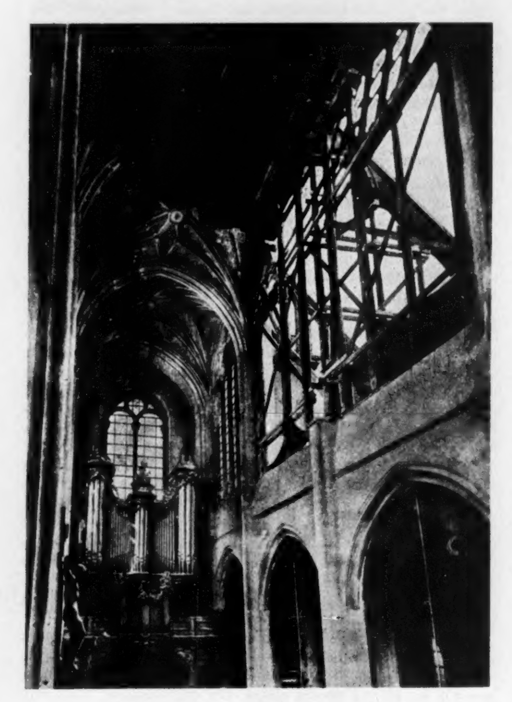


**Fig. 6. — *Église Saint-Gervais à Paris.***
Les voûtes de la nef, éventrées, sont protégées par une charpente ; vue prise du transept au lendemain de la guerre de 1914-1918.
(*Archives photographiques*).

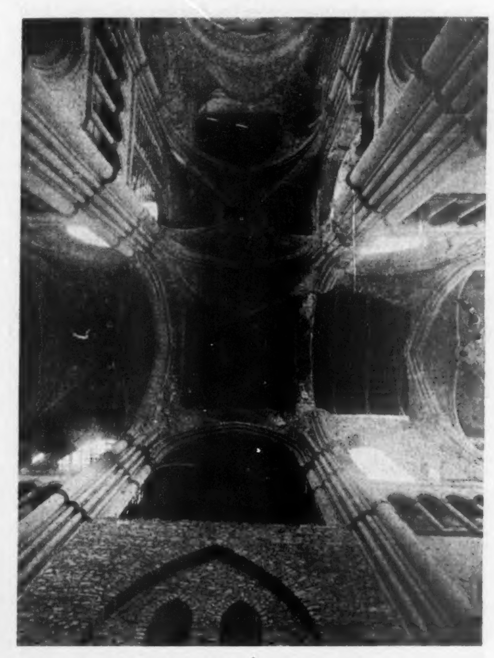


**Fig. 7. — *Cathédrale de Reims.***
Les hautes voûtes éventrées sont protégées par une charpente provisoire ; vue prise du carré du transept au lendemain de la guerre de 1914-1918.
(*Archives photographiques*).

que de celles-ci. Il ne s'agit pas de « laisser le temps faire son œuvre », mais, précisément, de parer avec efficacité, à toute aggravation de l'état d'un édifice ruiné, grâce à un entretien conçu en fonction de sa sécurité matérielle.

Ainsi, M. Paul Léon, directeur général honoraire des Beaux-Arts, écrit, dans la réédition de son remarquable ouvrage *La vie des monuments français* (Picard, Paris, 1951) : « Il est (...) impossible de laisser subsister un monument en ruine sans pourvoir à son entretien. La terre aura tôt fait de le recouvrir. Nous savons à quelle profondeur on exhume les villes antiques. La végétation, jetant ses pousses en tous sens, répand une vie nouvelle sur un paysage de mort. C'est l'ensevelissement rapide : *etiam periere ruinæ !* ».

Nous n'opposons pas, quant à nous, aux principes de la restauration officielle cette thèse de l'abandon des ruines que nous laissons aux héritiers spirituels d'un Miguel Zamacoïs ou d'un Edmond Rostand. Le premier n'avait-il pas écrit à propos de Reims :

> Je voudrais qu'on gardât sans y toucher du tout
> Le monument blessé tant qu'il tiendra debout,
> Avec ses trous béants, avec ses meurtrissures,
> Sans s'aviser jamais de panser ses blessures.

Et le second, auquel répondaient ces vers inconsidérés, n'avait-il pas lui-même versifié ceci, d'une plume qui ne valait pas mieux que la première :

> Rendons grâce aux pointeurs du stupide canon
> Puisque, de leur adresse allemande, il résulte,
> Une honte pour eux, pour nous un Parthénon !

Nous récusons absolument pareilles fantaisies qui n'ont, bien entendu, aucune valeur archéologique. Et nous pensons qu'entre Viollet-le-Duc et Edmond Rostand, il y a place pour une doctrine de la véritable conservation des ruines !

L'exemple des édifices ruinés dont nous avons parlé, Jumièges, Longpont, Saint-Wandrille, prouve surabondamment qu'il ne s'agit pas là d'une vue de l'esprit.

La première opération consiste d'abord à assurer la nécessité immédiate de la ruine par des étaiements provisoires qui, au fur et à mesure des travaux (reprise, en sous-œuvre, de tel ou tel support), pourraient être partiellement remplacés par une consolidation invisible, effectuée à l'intérieur même des masses de la construction, grâce à l'établissement d'une véritable armature interne de béton armé. Ainsi a-t-on procédé à Reims, dès 1906, afin, rappelle M. Paul Léon, « de soulager la grande rose qui porte le pignon supérieur (...) L'architecte se borna à passer dans la maçonnerie une épine en ciment armé dont nul ne soupçonne l'existence et qui n'apporte aucune modification à l'aspect du monument ». Ce que l'on fit alors pour une église intacte, il est possible de le réaliser dans le cas d'un édifice mutilé.

La seconde opération est non moins importante. Il peut arriver, en effet, que la disparition d'un organe essentiel de la construction (un arc-boutant, par exemple) mette en cause la sécurité matérielle de l'édifice. Si la disposition d'une armature intérieure invisible, en fer ou en ciment armé, s'avère insuffisante, doit-on, dans ce cas où la sécurité de l'édifice est en jeu, avoir recours à un simple étaiement exécuté en matériau moderne, solution esthétiquement insuffisante, ou à la reconstitution intégrale de l'élément disparu ? Ici encore, il faut se prononcer pour le moindre mal : entre un honnête mais inesthétique étaiement en ciment armé et un arc-boutant néo-gothique, la disposition d'un arc-boutant moderne, réduit à ses seuls volumes, et vierge de toute décoration, serait incontestablement plus acceptable.

**Fig. 8. — *Cathédrale de Rouen.***
Restauration des chapelles méridionales de la nef ; état récent.
*(Archives photographiques).*

L'expérience a été réalisée, d'une façon tout à fait imprévue, mais exemplaire, par les architectes turcs qui, dans l'île de Chypre, restaurèrent l'admirable cathédrale Notre-Dame de Famagouste, édifice tout à fait français, construit dans le meilleur style champenois au XIV[e] siècle. Au lieu d'exécuter des pastiches des précieux arcs-boutants primitifs, surmontés d'une claire-voie quadrilobée, les Turcs, par mesure d'économie, et sans souci de style, édifièrent de massifs arcs-boutants dénués de toute valeur artistique, mais qui assurèrent la sécurité du monument sans nuire véritablement à son caractère et à son unité (fig. 9). Ainsi, les « infidèles » donnèrent-ils la plus excellente leçon de sagesse aux chrétiens !

On peut imiter cet exemple en l'améliorant et en conférant aux arcs-boutants nouveaux une moins grande massivité, mais en se gardant bien de pasticher les éléments décoratifs, inimitables, de la construction primitive. Que n'a-t-on ainsi procédé à Rouen et dans les multiples églises normandes mutilées en 1944...

Si la ruine est privée de ses voûtes et que l'état général de l'édifice n'autorise pas une remise en état même discrète, il appartient aux architectes d'envisager ensuite un soigneux écoulement des eaux, afin d'éviter, autant que possible, la désagrégation des pierres exposées plus ou moins complètement aux intempéries. Problème technique qui n'est pas insoluble. Dans de nombreux cas, des chapes en ciment, recouvrant telle partie qui, à l'origine, n'avait pas été conçue pour être exposée aux intempéries, des larmiers en plomb habilement disposés, peuvent jouer un rôle protecteur de premier ordre.

### *La protection de la pierre*

La désagrégation des pierres, dont on a souvent exagéré la portée afin de justifier les restaurations les plus massives, n'en est pas moins une grave réalité. Certains édifices sont en effet partiellement attaqués par les éléments naturels (pluies, gelées, microbes, végétaux...) ou industriels (émanations chimiques provenant des usines, des moteurs, du chauffage urbain...). Il n'en demeure pas moins exact que les pierres subissent des maladies qui attaquent les parements, les durcissent, puis les boursouflent et soulèvent l'épiderme, réduisant parfois en poussière jusqu'au cœur de la pierre ainsi atteinte. On doit pourtant ajouter que ces maladies ne s'exercent point dans toutes les régions avec une égale intensité. Qui plus est, un même édifice peut ne pas être intégralement touché par ce fléau. Les pierres poreuses des églises de la Manche, les pierres calcaires, la molasse (utilisée notamment pour la façade de l'ancienne cathédrale de Vienne, dans l'Isère) sont, plus que d'autres, soumises à l'usure du temps et aux altérations d'origine artificielle.

Au siècle dernier, on avait eu recours, sans succès, à la silicatisation qui eut pour inconvénient de vitrifier la surface des pierres en les empêchant de respirer, sans éviter leur lente décomposition interne. Comme le remarquait récemment M. Louis Hautecœur, ancien secrétaire général des Beaux-Arts (1) : « on n'a fait qu'enfermer l'humidité et la maladie derrière une couche imperméable ».

D'autres procédés ont été étudiés et expérimentés, procédés qui prenaient pour base l'aluminate de baryte ou le fluate de zinc. La fluatation ne peut malheureusement agir efficacement que sur les pierres encore saines. Les dégradations, nous rappelle M. Paul Léon, d'après les études poursuivies au Conservatoire des Arts et Métiers et au Centre national de la recher-

1. *Les Beaux-Arts en France*, Picard, 1948.

che scientifique, les dégradations sont dues, en effet, « à la pénétration de l'eau du sol absorbée par capillarité et chargée de sulfures qui décomposent le carbonate de chaux en sulfate ». L'action des bactéries oxydantes conduit également à la formation des gypses. Aussi bien, l'utilisation du tuffeau, où l'on trouve des pyrites contenant du sulfure de fer, peut permettre de lutter contre cette emprise chimique du mal.

L'injection de fluate dans des pierres encore saines, singulièrement dans celles d'un édifice ruiné, plus que d'autres sou-

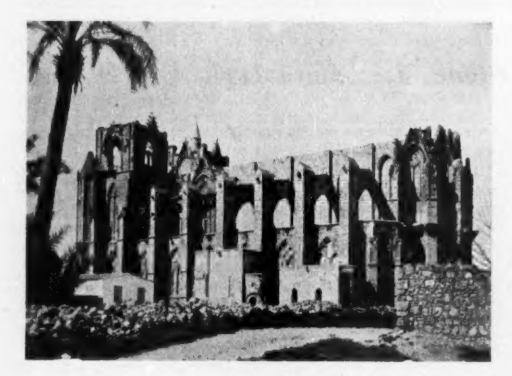


**Fig. 9. — *Notre-Dame de Famagouste (île de Chypre).***
Façade sud et arcs-boutants de la nef ; état en 1933.
(*Photo* A. Carlier).

mis aux intempéries, peut, si on l'emploie à bon escient, circonscrire la maladie qui s'exerce sur les pierres déjà atteintes, et assurer la santé à des parements qui, livrés à eux-mêmes, eussent été plus ou moins rapidement désagrégés, et eussent ainsi exigé une « restauration » intégrale, périlleuse et coûteuse. De ce dernier point de vue, on a pu calculer en effet que l'utilisation du fluate permet une économie de 98 pour 100. On ne doit pas négliger un tel facteur, surtout à l'heure présente où les monuments français comptent pour une part si infime dans le budget national.

Il est d'autres agents naturels de désagrégation dont les monuments ruinés peuvent être plus particulièrement la proie : les végétations parasites.

La ruine recouverte d'un lierre pittoresque est une facile image romantique qui dissimule souvent la plus dangereuse des réalités. Enlever cette végétation envahissante dont les racines sont issues des joints des pierres qu'elles désagrègent et disloquent, est, par conséquent, une opération urgente qui peut parer à d'importantes détériorations ultérieures.

L'enlèvement des mousses et des lichens est également souhaitable, mais plus délicat à réaliser. Tout grattage atteindrait en effet le modelé des pierres ainsi que le calcin protecteur, provoqué par l'évaporation des eaux. C'est pourquoi les produits chimiques ne doivent être éventuellement employés que si leurs conséquences ne sont pas plus redoutables que le mal lui-même.

Précisons que, pour lutter efficacement contre l'extension de cette végétation qu'entretient l'humidité, il a été mis au point des procédés d'extraction continue et automatique de l'humidité pariétale. Ce procédé, qui utilise un certain siphon monobranche, a été appliqué à Versailles par l'architecte de Rockfeller. Grâce à cela, la célèbre fresque de la Danse macabre, à l'église de la Chaise-Dieu, a été également sauvée d'une humidité persistante. On pourrait systématiser ce procédé dans le cas de ruines particulièrement atteintes ou menacées par les infiltrations.

## *Le problème de la décoration*

Nous terminerons cet exposé en abordant le problème de la décoration, sculptée ou peinte, des édifices en ruines.

L'absence de tel bandeau, de tel larmier peut nuire, en principe, à la conservation des statues de tel ou tel portail qui pourraient ainsi se désagréger. Sans reconstituer ce bandeau ou ce larmier, ce qui serait retomber dans les erreurs de la restauration, il faudrait envisager un sobre et franc palliatif destiné à faciliter l'écoulement normal des eaux de pluie. Certes, l'œuvre d'art envisagée peut être plus qu'à moitié mutilée par les bombardements, les incendies et les gels successifs. L'enlèvement de l'œuvre serait, dans certains cas extrêmes, désirable, mais sa dépose serait effectuée autant que possible dans l'édifice lui-même, ou à sa proximité immédiate.

L'exemple des monuments ruinés de la Grèce antique peut, à ce propos, nous être fort utile. Les précieuses métopes originales du Trésor des Athéniens à Delphes, déposées dans un musée local, ont été en effet remplacées, sur le petit monument (savamment et pieusement reconstitué avec ses pierres authentiques) par des moulages non retouchés, réalisés en ciment mêlé de marbre pilé. La même opération a été exécutée pour certaines sculptures du Parthénon (fig. 10) dont les originaux, indûment enlevés par le trop fameux lord Elgin au début du siècle dernier, sont exilés au British Museum, à Lon-

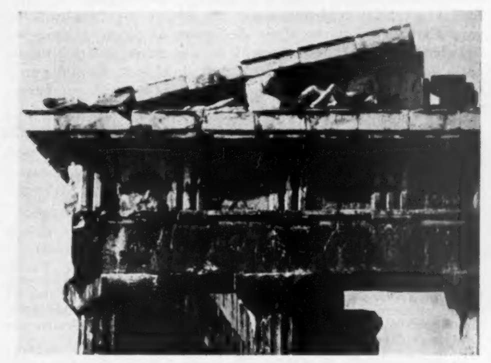


**Fig. 10. — *Le Parthénon.***
Fronton est, doté de moulages en ciment ; état en 1933.
(*Photo* A. Carlier).

dres. Sage et rigoureuse méthode qui conserve aux prestigieux édifices un peu de leur unité plastique originelle. On s'est bien heureusement gardé de placer sur ces monuments des copies, nécessairement infidèles, des sculptures célèbres, inimitables.

C'est là une méthode irréprochable qui devrait être appliquée en France, lorsque des sculptures menacées de dégradation, ou trop meurtries du fait de la guerre, ne peuvent être conservées *in situ*.

Des peintures murales peuvent également avoir plus ou moins résisté à la ruine partielle d'un édifice. On sait qu'il est possible, en bien des cas, de détacher de la paroi qu'elles décorent des peintures de cet ordre et de les maroufler, c'est-à-dire de les transposer sur toile. Or, au lieu de les transporter dans quelque musée où elles perdraient une grande part de leur sens et de leur valeur monumentale, il serait tout à fait préférable, une fois marouflées, de les remettre en place, si, du moins, la partie de l'édifice qu'elles décoraient primitivement est à l'abri des intempéries et si elle peut être close. Mais il

s'agit là d'un cas d'espèce dont nous voulions seulement signaler l'éventualité.

*
* *

Nous n'avons pas la prétention d'avoir fait ici le tour complet d'une question aussi vaste et aussi complexe que celle de la conservation des ruines. Nous avons seulement voulu montrer que ce n'est pas là un problème insoluble et qu'entre l'abandon des ruines et leur restauration complète, il existe des solutions dignes d'être considérées avec tout le sérieux qu'elles méritent. L'avenir d'une part importante du patrimoine monumental français dépend du sort que l'on fera aux quelques idées, très simples, que nous avons évoquées.

Yvan Christ.

## *Mesure électromagnétique des courants*

Des océanographes américains tentent de mettre au point une méthode de mesure des courants marins différente des courantomètres, qui présentent l'inconvénient d'exiger un point fixe et de perturber l'écoulement fluide normal.

En 1946, R. W. Guelke et C. A. Schoute-Vanneck ont décrit le principe d'une nouvelle méthode électromagnétique basée sur le fait que, si un conducteur se déplace dans un champ magnétique, une force électromotrice induite prend naissance. Comme l'eau de mer est conductrice, tout déplacement de celle-ci produit dans un champ magnétique un courant d'induction. Les auteurs expérimentèrent des électrodes en argent-chlorure d'argent, éloignées l'une de l'autre de 1 000 m environ. Un champ magnétique alternatif de 100 gauss était maintenu entre les électrodes. Le courant introduit était amplifié puis transmis à un enregistreur. En présence des courants de marée, les expérimentateurs purent constater un excellent accord entre les vitesses enregistrées et celles calculées.

En 1950, W. S. von Arx appliqua le même principe à des mesures au large, dans le courant de l'Atlantique Nord, où il parvint à déterminer la rotation des courants de marée. L'intérêt de ces derniers essais réside dans le fait que les mesures ont été faites à bord d'un navire en marche. Les électrodes séparées par quelques dizaines de mètres étant fixées sur un câble placé dans l'axe de la route du navire, la composante transversale des courants donnait donc seule naissance à un courant d'induction.

Le développement de ces nouvelles méthodes ouvre des possibilités nouvelles pour la mesure rapide des courants marins pendant la marche d'un navire.

V. R.

## Pipe-line en bois pour transport de minerais

L'International Nickel Cy of Canada a mis en exploitation une nouvelle laverie de minerais à Creighton. Les concentrés mixtes de cuivre et de nickel qu'elle produit sont transportés automatiquement par pipe-line à la fonderie de Copper Cliff, distante de 7 miles et demi, soit 12 km.

La laverie traite environ 10 000 t par jour de minerais tout-venant, fournissant environ 1 800 t de concentrés et 8 200 t de stériles. Le mélange d'eau et de concentrés entraîné dans le pipeline est débité à raison de 3 000 l par minute. En certains points, des pompes-relais élèvent la pulpe de minerai et rétablissent une pente suffisante pour que la pulpe de concentrés s'écoule par simple gravité.

Le pipe-line est établi en bois. Malgré la rigueur du climat et un abaissement de la température qui peut atteindre — 30°, l'installation a fonctionné sans incidents. L'automatisme de celle-ci, réduisant les frais de transport, a permis de tirer parti dans des conditions économiques des minerais pauvres de la région de Creighton.

## Une exploitation de tourbe dans le Cotentin

Le Cotentin est une ancienne île aujourd'hui rattachée à la Basse-Normandie par les alluvions continentales ; celles-ci forment encore, de Carentan à Lessay, une zone marécageuse que les routes traversent sur des chaussées surélevées. Un faible relèvement du niveau de base marin (une quinzaine de mètres) suffirait à couper le Cotention de la terre ferme. C'est d'ailleurs sur cette zone de marais que le commandement allemand appuya sa ligne de défense, après la chute de Cherbourg et la consolidation de la tête de pont alliée.

C'est précisément au centre de cette région, à Baupte près de Carentan, qu'a commencé à fonctionner une exploitation de tourbe, en juillet 1952 ; on estime à près de 200 ha la superficie du gisement, dont l'épaisseur varie entre 6 et 12 m. La production annuelle envisagée se monterait à 70 000 t de briquettes.

D'autre part, des résultats intéressants ont déjà été obtenus dans l'enrichissement et la régénération des sols par l'emploi de la tourbe, seule ou utilisée comme support pour les engrais. Il est question d'étendre cette technique à de nouvelles communes de la région de Carentan.

## Guano et minerai de fer

On a rapporté de curieuses formations de phosphates de fer naturels découverts à Bomi Hills et à Banbuta, en Libéria. Elles résultent de l'action du guano, notamment celui de chauve-souris, sur du minerai de fer et se rencontrent dans des grottes, dans des faillles, et au pied d'escarpements, sous forme de conglomérats de gros galets. Les minéraux qui se sont ainsi formés sont de la phosphosidérite, de la strengite, etc.

## Le problème démographique français

Une erreur, par omission d'un mot, s'est glissée dans notre article sur « le problème démographique français » paru dans *La Nature* d'octobre 1952, p. 311. On y lisait en effet : « ... 28 vieillards pour 100 Français en 1950 ; on en prévoit 35 d'ici une quinzaine d'années ». Il fallait lire : « ... 28 vieillards pour 100 Français *adultes*, etc. ». Nous nous excusons de ce lapsus auprès de nos lecteurs.

# Pourquoi les perroquets parlent-ils ?

Si la littérature animalière est fertile en anecdotes sur les perroquets et les diverses espèces d' « oiseaux parlants » en général, nous possédons par contre peu d'observations scientifiques, et moins d'explications encore, relatives au curieux comportement « linguistique » de ces animaux. C'est pourquoi les récentes expériences et interprétations du psychologue américain Mowrer présentent un réel intérêt. Professeur à l'Université d'Illinois, et rompu aux méthodes expérimentales de la zoopsychologie, M. Mowrer partit d'une remarque de Lashley, qui écrivait en 1913 : « Comment les perroquets apprennent-ils à parler : imitation directe ? modification acquise des sons instinctifs ? — et quels motifs poussent ces oiseaux à émettre des sons étrangers à leur espèce ? On ne peut répondre à ces questions sans des expérimentations sous conditions naturelles ».

Pour essayer de résoudre ce problème, M. Mowrer s'entoura d'un grand luxe de précautions : d'abord, il fit porter ses observations sur une dizaine de sujets, d'espèces différentes, capables de reproduire la voix humaine; d'autre part, il utilisa diverses méthodes d'apprentissage, répétition d'un mot devant l'animal, répétition d'un « son » produit spontanément par l'oiseau, association d'une ou de plusieurs syllabes avec une quelconque expérience vécue. Cette dernière méthode se révéla seule efficace, et finalement voici quels seraient les trois « phases » de l'apprentissage linguistique du perroquet :

Première phase : Établissement d'une liaison associative entre l'audition d'un mot et la réception de nourriture de la main même de l'expérimentateur. Le mot devient ainsi un « bon son », un son que l'oiseau est satisfait d'entendre puisqu'il est le « signal » d'une expérience satisfaisante.

Deuxième phase : L'animal produit de lui-même un son semblable au mot précédemment entendu. S'il est récompensé par de la nourriture, l'association s'établit entre l'émission et l'expérience satisfaisante, et se renforce promptement.

Troisième phase : Peu à peu, l'oiseau semble à la fois s'attacher à son « maître » et reproduire de plus en plus de mots, sans qu'une récompense intervienne.

Mais tout cela n'est qu'une description, et plusieurs questions se présentent naturellement à l'esprit. Pourquoi l'animal prononce-t-il un premier phonème imitatif ? Ensuite, pourquoi continue-t-il à apprendre, et à parler, sans l'expérience d'une récompense concrète ? Les observations de M. Mowrer, non moins que des remarques faites incidemment par les naturalistes, le conduisent à une séduisante hypothèse.

Il est remarquable que l'oiseau doive, pour être entraîné au mieux, recevoir la récompense de la main même du maître, et être en relations quasi « amicales » avec lui. Ce qui importe le plus, c'est la *présence* et l'*attention* de l'expérimentateur. Durant la troisième phase de l'apprentissage, il est très net que l'oiseau, même si ses besoins physiques sont entièrement satisfaits, fait des efforts pour être non loin du maître et, en quelque sorte, l'annexer. Ce comportement laisse à penser que — les animaux n'agissant toujours qu'en vertu de tendances à satisfaire — la récompense finit par consister dans la simple présence amicale du maître. Le perroquet parle pour que le maître soit là, et nombreuses sont les observations de perroquets parlant dès que le maître veut partir, ou suppliant d'être emmené par lui.

Mais, dira-t-on, ceci n'explique pas la deuxième phase, le fait que l'animal se mette tout à coup à prononcer des sons analogues aux sons entendus. Bien au contraire : selon M. Mowrer c'est un processus d'*identification* à l'homme, gage de sécurité, qui pousse l'oiseau à parler « comme » l'homme. C'est l'homme qui lui donne de la nourriture, et lorsqu'il est seul, il peut avoir faim, soif. En prononçant le mot magique, l'oiseau affamé retrouve la sécurité qui accompagne la présence humaine. Il le prononce donc parce que c'est un son bon, agréable, comportant en lui-même la présence du maître.

En d'autres termes, les perroquets apprennent à parler parce que c'est le seul moyen, dans les conditions qui leur sont imposées, de vivre en sécurité, de faire cesser des inquiétudes. Il prononcera le premier mot pour susciter magiquement une présence humaine; il continuera à parler pour que l'homme le récompense par sa présence. Ne pourrait-on pas même généraliser cette hypothèse ? Peut-être est-ce là l'explication des premiers mots chez le jeune enfant ? De toute façon, elle donne, nous paraît-il, une réponse heureuse à la question de la nature des exploits linguistiques du perroquet : il ne parle pas du tout en « comprenant » ce qu'il dit, au sens visuel du terme; le mot n'a aucunement une signification conceptuelle; mais il n'est pas pour autant dénué de « sens », car il est un « signe », le signe d'une expérience intérieure et d'une identification à un être extérieur.

Bien des psychologues qui ont étudié la vie animale ont signalé que lorsqu'un animal devient un *ami* de l'homme, il devient, dans sa propre manière de penser, un être humain : ainsi Craig, Chevigny, et surtout Lorenz, dans ses ouvrages sur les oiseaux. Si cette hypothèse se révélait exacte, elle plaiderait en la faveur de l'existence, chez l'animal, de processus psychiques s'apparentant à ceux de l'homme. Elle a pu sourdre d'expérimentations précises dans le cas des diverses espèces d' « oiseaux parlants » parce qu'il se trouve que ces animaux, trop peu étudiés, possèdent de remarquables instruments de vocalisation. Il vaudrait la peine de mettre sur pied des expériences plus étendues que celles de M. Mowrer, permettant une validation statistique qui donnerait plus de poids aux conclusions qu'il en tire.

Jean-C. Filloux.

## Pile atomique en piscine

Le laboratoire national d'Oak Ridge, aux États-Unis, a installé sous le nom de « swimming pool reactor » une pile de faible puissance, immergée dans une piscine de 12 m de long sur 6 m de large et d'une profondeur de 6 m. L'utilisation de l'eau comme écran de protection, au lieu d'épais murs de béton, permet de réaliser économiquement l'installation. Le réacteur est suspendu par un pont roulant qui permet de le déplacer dans la piscine et porte les appareils de commande et de mesure.

Cette pile est destinée à l'enseignement et à la recherche, notamment à l'étude de la diffraction des neutrons.

## Moule d'un rhinocéros fossile

Le *Bulletin of the Geological Society of America* a signalé la découverte qui a été faite du moule d'une espèce de rhinocéros à la base d'une coulée volcanique transformée en basalte, dans la région de la Columbia River, près du Lac Bleu, dans l'État de Washington. Ce moulage est attribué par eux au genre *Diceratherium*, ce qui daterait la couche de l'oligocène supérieur ou du miocène inférieur. Ils supposent que les laves atteignirent une couche d'eau peu profonde où gisait le cadavre gonflé de l'animal, qu'elles l'enrobèrent et se figèrent assez rapidement pour que sa forme soit conservée.

# LE CHIMISTE ET LA BACTÉRIE

Si les limites de la vie ont indiscutablement reculé depuis quelques années, c'est à la collaboration de plus en plus étroite des médecins, des bactériologistes et des chimistes qu'on le doit. Le diagnostic des maladies infectieuses est maintenant presque mathématique : le praticien juge, d'après l'ensemble des signes cliniques, des prélèvements qu'il doit opérer sur son malade : sang, liquide céphalo-rachidien, crachats, exsudats divers, sont confiés au laboratoire d'analyses qui, dans un temps record, indique non seulement le ou les germes bactériens en cause mais encore les antibiotiques auxquels ils sont sensibles. Voici pourquoi, alors que 95 pour 100 des méningites cérébrospinales étaient mortelles avant 1935, elles sont à peu près toutes guérissables depuis cette époque; voici pourquoi, à moins qu'il ne s'agisse d'une infection insoupçonnée, établie depuis de longues années, la tuberculose n'est plus un angoissant point d'interrogation; la méningite tuberculeuse, en particulier, autrefois implacable, est à l'heure actuelle maîtrisée dans plus de la moitié des cas. Et ces exemples pourraient être multipliés.

A quelles découvertes successives doit-on cette victoire sur les infiniment petits ? A celles de Pasteur, tout d'abord. Pasteur qui sut identifier les bactéries et lutter contre elles par la vaccinothérapie préventive ou la sérothérapie curative. Cependant, certaines bactéries échappaient encore aux possibilités de ces deux armes. C'est alors que la Chimiothérapie mit dans la balance le poids de son acquit des trente dernières années

$SO_2NH_2$ fonction sulfamide
Deux noyaux benzéniques ou «phényles»
N=N fonction azoïque
$NH_2$, $NH_2$ 2 fonctions aminées

$SO_2NH_2$
$NH_2$
Sulfamide

**Fig. 1 et 2.** — *A gauche :* ***Schéma de la molécule de Prontosil ;*** *à droite :* ***Molécule de Sulfamide.***

dans la lutte contre les protozoaires, agents de certaines maladies tropicales telles que le paludisme et la maladie du sommeil qui décimaient les pays d'Outre-Mer.

La Chimiothérapie n'avait point négligé de s'occuper, également, du traitement possible des maladies bactériennes; mais aucun succès véritable ne fut remporté jusqu'à l'ère des sulfamidés, c'est-à-dire jusqu'à l'année 1935. C'est à l'Allemand Domagk que l'on dut, à cette époque, la méthode d'inoculation d'une maladie bactérienne au parfait animal d'expérience qu'est la souris. Dotés de ce test, jusqu'alors incertain, les chimiothérapeutes furent dès lors capables d'étudier systématiquement des séries de produits chimiques, d'établir des rapports entre action thérapeutique et formules de constitution, de sélectionner, enfin, à chaque étape, les meilleurs remèdes.

Domagk prouva tout d'abord que le Prontosil (fig. 1), un colorant azoïque, essayé déjà en Allemagne avec succès sur la staphylococcie de l'homme, pouvait aussi guérir la streptococcie expérimentale de la souris. Ce résultat, atteint pour la première fois, fut le meilleur des stimulants pour les laboratoires du monde entier. A l'Institut Pasteur, avec Nitti et Bovet, nous avons pu démontrer que l'action du Prontosil ne se manifestait qu'après sa réduction par coupure, dans l'organisme animal, à l'endroit de la double liaison azoïque, et libération d'une molécule incolore extrêmement simple, le *p*-aminophényl-sulfamide, ou plus simplement le Sulfamide (fig. 2).

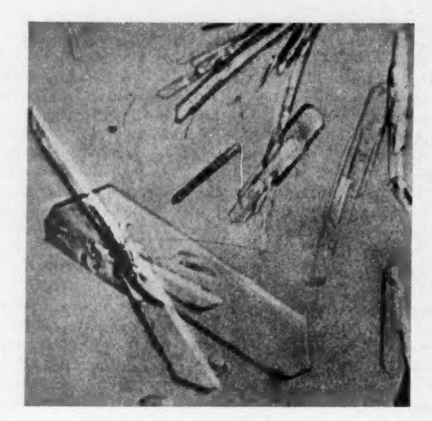


**Fig. 3.** — ***Cristaux de Pénicilline.***
(*The Commonwealth Fund,* 1945).

Le Sulfamide et ses dérivés de substitution sur la fonction $SO_2NH_2$ sont fort maniables; ils permirent, très vite, dans les mains des cliniciens français, anglais, américains, d'obtenir des guérisons spectaculaires de maladies jusque-là redoutables : méningites, septicémies, fièvres puerpérales, pneumonies, ostéomyélites, furonculoses, blennorragies, et tant d'autres.

Capables d'inhiber la vie des bactéries, les sulfamidés peuvent revendiquer le titre d' « antibiotiques ». En fait, cette étiquette fut attribuée tout d'abord à une toute autre classe d'agents thérapeutiques découverts par la suite, celle dont la pénicilline demeure le prototype. Le déroulement des recherches qui ont finalement permis l'utilisation pratique et sans danger de la Pénicilline illustre bien cette fructueuse coopération du bactériologiste et du chimiste : par leur concours mutuel, ils réussirent à maîtriser l'infiniment petit jusqu'à s'en faire un allié. Le bactériologiste de Londres, sir Alexander Fleming, avait noté, dès 1929, que les produits de sécrétion d'une moisissure de l'air, le *Penicillium notatum*, empêchaient le développement d'une culture de staphylocoques; mais comment appliquer cette fascinante possibilité au traitement d'une septicémie staphylococcique humaine, par exemple ? Dix ans plus tard les chercheurs d'Oxford, Florey et Chain en

$CH_3$, $CH_3$ C H +O HS H CH-CH-NH-R
Fonction acide HOOC-CH-N H H +O HO OC
Valine Cystéine
$CH_3$, $CH_3$ C S CH-CH-NH-R
HOOC-CH-N-C=O
Pénicilline

**Fig. 4.** — ***Schéma de la molécule de Pénicilline.***
Le radical R de la Cystéine varie avec les diverses pénicillines.

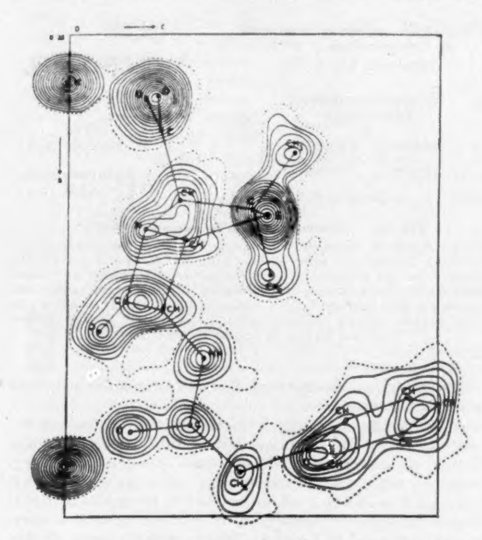


**Fig. 5. — *Représentation électronique de la molécule de Pénicilline calculée à partir de son analyse aux rayons X.***



**Fig. 6. — *Cristaux de Streptomycine.***
Sel double de trichlorhydrate de Streptomycine et de chlorure de calcium.
(*The Williams and Wilkins C°*, Baltimore, 1949).

particulier, s'attaquaient à ce problème et les jus de culture du *Penicillium*, étudiés, analysés, concentrés, purifiés, livraient enfin leur secret : une pénicilline cristallisée (fig. 3), incolore, chimiquement définie et pure, capable, sous un volume minimum, de lutter contre bien des germes que déjà les sulfamidés avaient atteints; de lutter aussi contre d'autres agents infectieux plus proches du règne animal que ne le sont les bactéries, le Spirochète de la syphilis, par exemple.

Qu'est, chimiquement parlant, la Pénicilline ?

Son analyse fut hérissée de difficultés et six années de travail acharné furent nécessaires aux chimistes d'Angleterre et d'Amérique pour pouvoir publier la formule exacte de la Pénicilline (fig. 4). Sa simplicité est stupéfiante : deux acides aminés naturels, la Valine et la Cystéine, condensés avec élimination de trois molécules d'eau, forment un polypeptide qui reproduit la Pénicilline théoriquement... mais théoriquement seulement : la synthèse réelle est encore irréalisable autrement qu'à l'état de traces.

Devant combien de sujets de méditation le chimiste ne se trouve-t-il pas ainsi placé ? Il possède tous les éléments d'une reconstitution apparemment élémentaire et cependant ses efforts, pour provoquer le départ de la dernière molécule d'eau, échouent... Comment le *Penicillium* peut-il élaborer aussi facilement ce qui reste un mystère pour l'homme de science averti et armé qu'est le chimiste moderne ? Pourquoi la molécule de la Pénicilline, constituée par deux des acides aminés les plus couramment répandus dans la nature [1], ceux qui servent de base à la plupart des synthèses de la matière vivante, est-elle si effroyablement toxique pour certaines bactéries et, par ailleurs, si inoffensive pour l'organisme de l'homme et des animaux ?

Ces énigmes se sont posées bien souvent à nouveau depuis une dizaine d'années; depuis que tant d'autres antibiotiques d'origine naturelle ont vu le jour : la *Tyrothrycine*, de Dubos, la *Polymixine* américaine (ou *Aérosporine* anglaise) l'une et l'autre assemblages de polypeptides simples, de toxicité cependant plus élevée que celle des autres antibiotiques; l'*Auréomycine* (laboratoire Lederle) et la *Terramycine* (de Findlay) dont

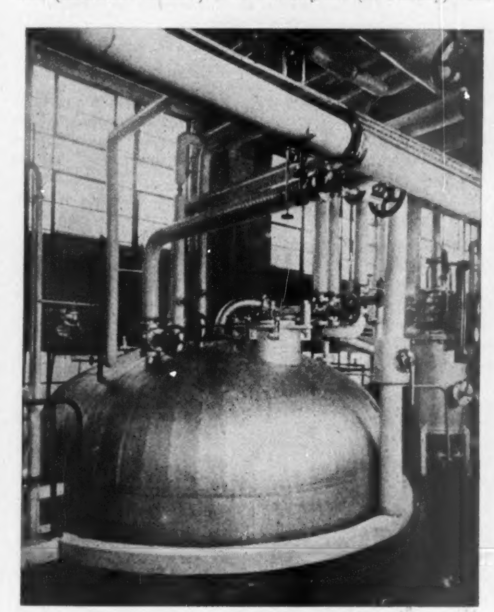
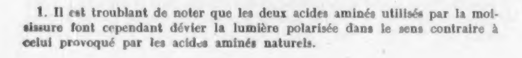


**Fig. 7. — *La culture du* Penicillium notatum.**
Canalisations d'air et de vapeur d'eau aboutissant à la cuve de fermentation où s'opère la culture du champignon ; on ne voit que la partie supérieure de la cuve.
(*Photo Distillers Cy Ltd*, Liverpool).



1. Il est troublant de noter que les deux acides aminés utilisés par la moisissure font cependant dévier la lumière polarisée dans le sens contraire à celui provoqué par les acides aminés naturels.

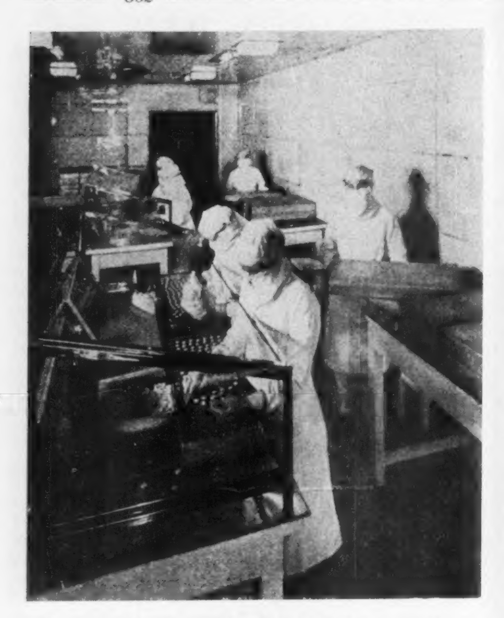


**Fig. 8.** — ***Chambres stériles où se manipulent les solutions de Pénicilline.***

*(Photo Distillers Cy Ltd, Liverpool).*

les formules sont sur le point d'être élucidées totalement; la *Streptomycine* (fig. 6), cette arme merveilleuse contre le bacille tuberculeux, trouvée par Waksman, de formule connue : toutes restent l'apanage absolu des micro-organismes du sol qui les sécrètent.

Mais si le chimiste a jusqu'ici capitulé devant les difficultés de synthèse de ces corps, il a du moins à son actif deux triomphes certains.

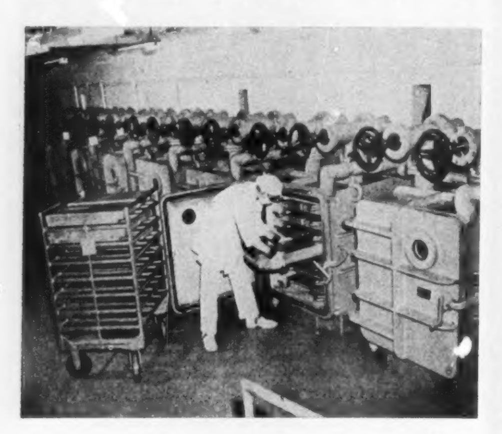


**Fig. 9.** — ***Plateaux de transport des ampoules de solutions de Pénicilline à dessécher.***

*(Photo Charles Pfizer and C°, New-York).*

**Fig. 10.** — ***Schéma de la molécule de Chloromycétine*** *(à droite).*
Explications dans le texte.

$CH_2OH$
* CH-NH-$COCHCl_2$
* CHOH
noyau benzénique
$NO_2$ groupement nitré

Premier groupement substituant
ortho / ortho
meta / meta
para

**Fig. 11.** — ***Schéma du noyau benzénique*** *(à gauche).*
Les 6 sommets de l'hexagone représentant le benzène sont constitués par un atome de carbone C et un atome d'hydrogène H, celui-ci pouvant être remplacé par des groupements substituants divers. Un premier groupement étant fixé, il existe seulement trois possibilités pour en fixer un second : soit sur un des deux sommets les plus voisins (positions ortho), soit sur un des deux sommets suivants (positions méta), soit enfin sur l'unique sommet le plus éloigné du premier (position para).

Il sait maintenant analyser rapidement un jus de culture, quel qu'il soit, et déterminer les conditions optima de production de n'importe quel antibiotique d'origine naturelle : à chaque antibiotique correspond un milieu de culture déterminé que l'on ensemence dans une cuve de fermentation (fig. 7) avec le champignon capable de le sécréter; celui-ci se développe rapidement et forme un épais mycélium (amas de filaments). Lorsque la concentration de l'antibiotique dans le jus de culture est maximum, on isole le mycélium par filtration et l'on extrait du filtrat l'antibiotique qui s'y trouve dissous. Si l'antibiotique est de nature acide, comme la Pénicilline, les sels alcalins de la fonction — COOH (sels de sodium, d'ammonium ou de calcium) sont solubles dans l'eau et insolubles dans les solvants organiques tels que l'éther, le chloroforme, divers alcools, alors que, réciproquement, à l'état acide, la pénicilline est soluble dans les solvants organiques et insoluble dans l'eau. Il suffit donc que le *p*H du milieu de culture du *Penicillium*, naturellement alcalin, soit rendu acide, pour que, par agitation avec un solvant organique, la Pénicilline-acide passe intégralement, et à l'exclusion de tout autre élément, dans ce solvant; celui-ci, à son tour, agité avec de l'eau à un *p*H alcalin, restitue le sel de la Pénicilline à la solution aqueuse. Cette doube opération, répétée un nombre suffisant de fois, purifie et concentre tout à la fois le principe qui, finalement par évaporation de la dernière solution alcaline, cristallise sous une forme absolument pure [1]. Si l'antibiotique est de caractère alcalin (c'est le cas pour la Streptomycine, par exemple, qui possède plusieurs fonctions aminées — $NH_2$) les principes de l'extraction sont les mêmes mais inversés : ce sont les sels acides de la Streptomycine (chlorhydrate, sulfate, etc.) qui sont solubles dans l'eau et insolubles dans les solvants organiques.

Ce schéma ne signale évidemment aucune des difficultés auxquelles se heurte le chimiste qui doit tenir compte de la fragilité de ces molécules, sensibles à l'action de la chaleur, des *p*H excessifs, des bactéries de l'atmosphère; la Pénicilline, par exemple, est rapidement et totalement détruite par une enzyme, la Pénicillinase, sécrétée par certaines bactéries de l'air ou de l'organisme humain, tel le Colibacille (ceci est un autre aspect du combat sans pitié que se livrent les hôtes invisibles de l'air, de l'eau, du sol, des organismes vivants...).

1. Marquons ici un point supplémentaire pour le chimiste : la Pénicilline G est la plus intéressante ; elle se différencie des autres pénicillines (F, K, X, etc.) par la nature du radical R qui est, pour la Pénicilline G, le radical phénylacétyle : $-CO-CH_2-C_6H_5$. Si l'on additionne d'acide phénylacétique le milieu de culture du *Penicillium*, celui-ci utilisera le « précurseur » ainsi offert pour ne former presque uniquement que de la Pénicilline G.

Voilà pourquoi toutes les diverses phases de la préparation des antibiotiques doivent s'effectuer en milieu strictement stérile et, pour des raisons analogues, les flacons contenant les antibiotiques sous forme pulvérulente doivent être conservés soigneusement clos (fig. 8 et 9).

La *Chloromycétine* (*Chloramphénicol* américain ou *Tifomycine* française) est à l'origine du second triomphe du chimiste. Après avoir isolé et analysé le principe actif sécrété par un autre micro-organisme vivant dans le sol, le *Streptomyces Venezuelæ*, après avoir établi la structure de ce principe, les Laboratoires Parke Davis réussirent à reproduire synthétiquement cette molécule, et cela dans des conditions économiques telles que l'homme peut se substituer enfin totalement à l'infiniment petit pour la préparation industrielle de cet antibiotique si précieux, en particulier pour le traitement des fièvres typhoïdes, des typhus divers, etc. Il s'agit d'un corps de formule relativement simple (fig. 10), où l'on retrouve, fixée sur un noyau benzénique nitré, une chaîne de trois atomes de carbone bien proche de la glycérine $CH_2OH — CHOH — CH_2OH$ : une fonction alcoolique — OH y est remplacée par une fonction dichloro-acétylaminée — NH — CO — $CHCl_2$. Dix étapes successives sont cependant nécessaires pour arriver à synthétiser ce corps à partir d'une matière première assez courante : l'acétophénone. Les deux atomes de carbone *C marqués d'un astérisque sont asymétriques (leurs 4 valences sont saturées par des substituants différents), ce qui indique l'existence de quatre formes stéréoisomères différentes, c'est-à-dire déviant la lumière polarisée dans des sens opposés. Le chimiste a pu préparer ces quatre formes et prouver que la seule active était justement celle que synthétise le *Streptomyces*.

| $SO_2NH_2$ | $AsO_3H_2$ | $SbO_3H_2$ | COOH, OH | $SO_2$ | | CH=N-NH-C(=S)-$NH_2$ | $CONHNH_2$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $NH_2$ | $NH_2$ | $NH_2$ | $NH_2$ | $NH_2$ | $NH_2$ | NH-$COCH_3$ | N |
| p-amino phényl sulfamide | acide p-amino phényl arsinique | acide p-amino-phényl stibinique | acide p-amino salicy-lique | di (p-amino-phényl) sulfone ou | | p-acétylomino-benzaldéhyde thio-semicar-bazone | hydrazide de l'acide isonicoti-nique |
| Sulfamide | Atoxyl | Stibamine | P.A.S | Sulfone-Mère | | Tb I | Rimifon |

Fig. 12. — *Schémas d'antibiotiques de synthèse.*

Là encore le chimiste est resté confondu devant la nature de cet antibiotique d'origine naturelle chez lequel, pour la première fois, apparaissait une fonction nitrée — $NO_2$ dont le rôle s'avérait ici primordial : tous les corps à activité antibactérienne aussi bien qu'antiprotozoaire, possédaient, en effet, jusqu'alors, une fonction aminée — $NH_2$ provenant justement de la réduction d'une fonction nitrée; il était logique de supposer qu'une telle réduction devait s'opérer dans l'organisme animal et qu'en réalité la Chloromycétine agissait en tant que dérivé aminé : or, celui-ci, synthétisé, s'est montré dépourvu d'activité thérapeutique.

Un autre caractère chimique de la Chloromycétine a pleinement vérifié, au contraire, les déductions antérieures des chimiothérapeutes : chaîne et fonction aminée se trouvent placées, sur le noyau benzénique, en position para, l'une par rapport à l'autre, position décrétée, par les expérimentateurs, la plus favorable à l'activité thérapeutique : c'est ainsi, par exemple, que les sulfamidés dans lesquels la fonction aminée est placée en ortho ou en méta ne font plus preuve d'aucune action antibactérienne.

Le schéma de la formule de la Chloromycétine peut être comparé, non seulement à celui du Sulfamide, mais encore à celui de l'*Atoxyl*, actif dans la maladie du sommeil, de la *Stibamine*, active dans la leishmaniose (kala-azar des pays chauds), enfin à tous ceux de ces corps dont le rôle en chimiothérapie antituberculeuse et antilépreuse a défrayé la chronique depuis une dizaine d'années.

C'est tout d'abord le *P.A.S.* (du savant suédois J. Lehmann), précieux auxiliaire de la Streptomycine dans la lutte contre le bacille tuberculeux et dont l'emploi s'amplifie encore depuis que certaines solutions en permettent sans danger l'injection intraveineuse à doses élevées. C'est ensuite la *Sulfone-mère* dont les propriétés antituberculeuses furent démontrées en 1939 à l'Institut Pasteur où son action antibactérienne générale avait été mise en lumière, un an auparavant, par l'équipe responsable de la découverte du sulfamide, et simultanément en Angleterre par Buttle. Ce n'est pas tant d'ailleurs par son action sur le bacille de Koch, relativement faible chez l'homme, qu'est connue la Sulfone-mère, mais bien plutôt par son action sur un autre bacille acido-résistant, le bacille de Hansen, agent de la lèpre : la Sulfone et ses dérivés de substitution sur la fonction aminée — $NH_2$ ont permis, pour la première fois, de « blanchir » un lépreux, c'est-à-dire d'en faire un individu non contagieux, susceptible d'être rendu à la vie normale. Cette double action sur les bacilles acido-résistants est aussi l'apanage du *Tb 1* de Domagk. Nous nous trouvons enfin devant la formule du *Rimifon* [1] (trouvé par les Laboratoires Squibb et Hoffmann La Roche; appelé aussi en France *Isoniazide*) qui, depuis un an, a soulevé une curiosité et un enthousiasme intenses : les cliniciens américains ont parlé de résurrection des tuberculeux... En fait, il semble s'être agi de certains cas rebelles à la streptomycine et au P.A.S., pour lesquels le Rimifon a joué le rôle d'un coup de fouet salutaire. L'action profonde sera-t-elle équivalente à l'action immédiate, réellement spectaculaire ? Seul l'avenir le révélera.

*
* *

Le bilan des victoires sur le microbe que nous venons de retracer brièvement ne permet point encore de décerner la palme au chimiste ou à l'infiniment petit dans ce tournoi pour la protection de la vie de l'homme qu'attaque de toutes parts la bactérie. Mais si les antibiotiques d'origine purement synthétique ne surclassent point les antibiotiques d'origine naturelle, l'homme de laboratoire peut, du moins, s'enorgueillir à juste titre d'avoir asservi son ennemi : les vaccins sont constitués par des bactéries de virulence amoindrie par voie chimique ou physique; les sérums sont produits par la réaction d'animaux d'expérience à l'inoculation de ces mêmes bactéries de virulence atténuée; enfin les antibiotiques d'origine naturelle, dont le secret de fabrication échappe encore à la perspicacité du chimiste, sont cependant préparés, avec une facilité et une sûreté parfaites, à l'aide même de ces infiniment petits dont la supériorité devient alors plus apparente que réelle.

Jacques Tréfouël,
de l'Institut
et de l'Académie de Médecine,
Directeur de l'Institut Pasteur.

Mme Th. J. Tréfouël,
Chef de laboratoire
à l'Institut Pasteur.

1. Dans le Rimifon le noyau benzénique est remplacé par le noyau pyridinique dans lequel un atome de Carbone C est remplacé par un atome d'azote N qui se trouve, là encore, en position para par rapport au groupement hydrazinique. Au sujet de l'acide nicotinique et de ses dérivés, voir *La Nature*, n° 3206, juin 1952, p. 169 ; voir aussi le n° 3207, juillet 1952, p. 217.

# LA CULTURE DES TISSUS VÉGÉTAUX

## I. Principes généraux

La culture des tissus est un problème relativement ancien dont le principe s'inspira de la théorie cellulaire telle qu'elle fut énoncée par Schwann et Schleiden au début du siècle dernier.

Cette théorie, rappelons-le, considère la cellule comme l'unité fondamentale de tout organisme animal ou végétal. Elle affirme non seulement l'universalité de la structure cellulaire mais prévoit que la cellule doit être capable de vie autonome. Le premier point fut confirmé avec éclat par les histologistes de la période classique. Mais le second garda pendant près de soixante-dix ans le caractère d'un axiome inaccessible à toute vérification.

Quelques présomptions plaidèrent cependant en sa faveur. C'est ainsi que l'existence d'êtres unicellulaires prouvait l'autonomie physiologique de la cellule. Mais cette preuve était inapplicable au cas des organismes complexes dans lesquels les diverses fonctions indispensables à la vie sont séparées dans des cellules distinctes. On pouvait en effet se demander si la spécialisation des cellules ne limitait pas leurs possibilités d'autonomie. Pour répondre à cette question il aurait fallu séparer les cellules d'un organisme complexe et déceler leur faculté éventuelle de vie autonome. Cette expérience cruciale était irréalisable à l'époque à laquelle Schleiden et Schwann fondèrent les principes de leur doctrine. Elle le devint après l'établissement des principes de la Microbiologie.

La première tentative de ce genre fut réalisée par le botaniste Haberlandt. Dès 1902, il essaya de cultiver des fragments de feuilles, de racines et de tiges. Ses efforts échouèrent complètement car il s'était adressé à des types cellulaires très différenciés, ayant définitivement perdu la faculté de se multiplier.

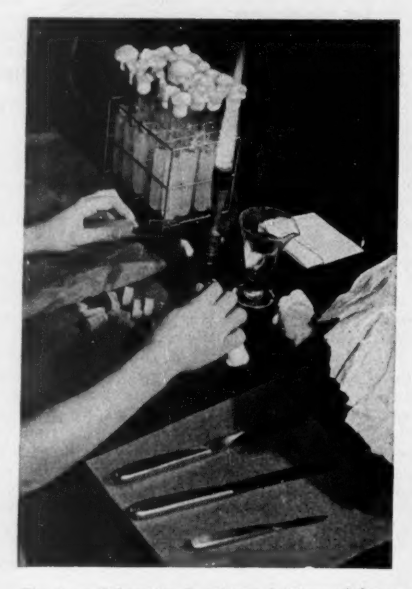


**Fig. 2. — *Préparation de cultures de tissus végétaux.***
On voit les différents objets servant à la mise en culture : tubes de milieux nutritifs, bec de gaz, couteaux, bistouri, feuilles de papier stérile, etc. L'opérateur est en train d'introduire un fragment de tissu dans un tube de culture.

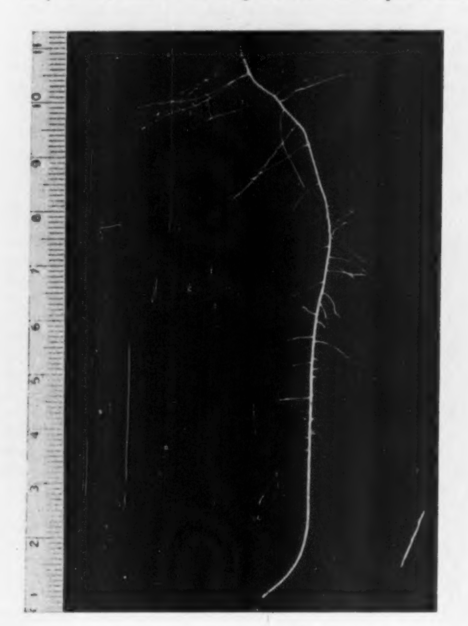


**Fig. 1. — *Culture de racines de Tomate.***
On aperçoit à droite une extrémité de racine venant d'être mise en culture et à gauche la racine obtenue en cultivant un fragment analogue pendant 10 jours (d'après White).

Son idée fut reprise par des chercheurs travaillant sur la cellule animale. En 1907, Harrison parvint à entretenir pendant quelque temps la prolifération de fragments de tissus de grenouille et, cinq ans plus tard, Alexis Carrel réalisa pour la première fois la culture indéfinie de fibroblastes de poulet. Ce succès suscita un enthousiasme très vif et de nombreux chercheurs s'engagèrent dans la voie ainsi ouverte. Les résultats ne se firent pas attendre; en peu d'années la culture des tissus animaux devint une vaste discipline dont M. Verne a exposé récemment dans cette revue les lignes essentielles [1].

La réalisation de la culture des tissus animaux incita les botanistes à intensifier leurs propres efforts. Mais une fois encore ils travaillèrent en vain et vers 1921 aucune solution n'était encore en vue.

C'est alors qu'un savant américain, Robbins, commença à entrevoir la voie qui quinze ans plus tard devait conduire au succès. Il comprit que la culture des tissus ne pourrait être

1. J. Verne, La culture des tissus animaux ; 1. Généralités et techniques, *La Nature*, n° 3206, juin 1952. — 2. Résultats et applications, *La Nature*, n° 3207, juillet 1952.

réalisée qu'en s'adressant à des cellules méristématiques, c'est-à-dire à des éléments qui dans la plante prolifèrent avec activité.

Les méristèmes les plus facilement accessibles sont les points végétatifs qui constituent des massifs de petites cellules localisées aux extrémités des tiges et des racines. Par leur fonctionnement ordonné ils assurent la croissance en longueur et la ramification des organes de la plante.

C'est à ces points végétatifs que Robbins s'adressa; son effort principal porta sur la réalisation de cultures de racines. Il isola des extrémités de racines et les plaça dans un milieu nutritif très simple contenant des sels minéraux et du glucose; ces extrémités de racines s'accroissaient rapidement et se ramifiaient. Pour prolonger la durée des cultures, Robbins entreprit de les repiquer en sectionnant les méristèmes d'une racine ayant été cultivée pendant quelque temps et en les transportant dans des milieux neufs. Il parvint ainsi à prolonger l'activité de ses cultures mais celle-ci cessait néanmoins au bout de quelques mois. En 1934, White reprit ces essais et parvint à obtenir pour la première fois le développement illimité des racines isolées (fig. 1).

Les expériences de Robbins et de White, malgré leur intérêt, n'avaient pas résolu le problème de la culture des tissus végétaux. En effet les extrémités de racines cultivées par ces savants fournissaient toujours des organes possédant une morphologie et une structure bien définies.

Pour obtenir de véritables cultures nous avons eu recours à un autre type de méristème que celui constituant les points végétatifs. Ce second méristème se rencontre principalement chez les Dicotylédones et les Gymnospermes où il constitue, dans la profondeur de la tige et de la racine, de vastes nappes cylindriques appelées cambiums. Pour distinguer le cambium, arrachons par exemple l'écorce d'un arbre lambeau par lambeau. On parvient bientôt à un tissu incolore, mou, gorgé d'eau, étroitement appliqué contre le bois qui est résistant et plus sec. Ce tissu délicat représente le cambium de l'arbre. C'est lui qui prolifère pendant la belle saison, produisant chaque année vers l'extérieur une mince couche de tissu conducteur de la sève élaborée auquel on donne le nom de liber et vers l'intérieur une couche de bois tendre qui s'ajoute aux assises des années précédentes.

Ce méristème ne se rencontre pas seulement dans les arbres mais aussi dans les tubercules, les lianes et les tiges herbacées banales. En isolant des fragments de troncs d'arbre ou de tubercule contenant des cellules cambiales nous avons pu obtenir une prolifération désordonnée aboutissant à de véritables cultures de tissus. Par la suite nous avons constaté que certains parenchymes de racines formés de cellules peu différenciées, analogues aux éléments conjonctifs des animaux, pouvaient être cultivés de la même manière que les cambiums. Signalons encore que notre élève G. Morel a montré qu'il est possible d'utiliser des lianes, des tiges herbacées, des organes embryonnaires et même des prothalles de Ptéridophytes comme point de départ de cultures de tissus. Enfin les cellules de diverses tumeurs sont facilement cultivables.

Lorsqu'on met en culture (fig. 2) un fragment d'organe, il prolifère pendant quelques mois puis son activité diminue et il finit par mourir. La réalisation de cultures durables exige donc qu'on recoure à des repiquages. La réussite du repi-

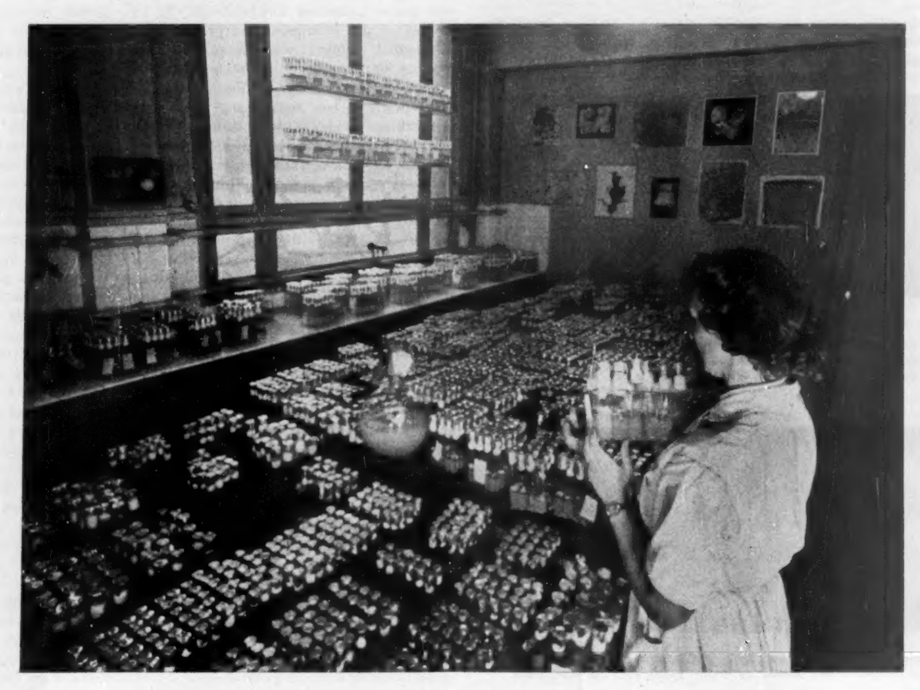


**Fig. 3. — *Salle de culture de tissus végétaux.***
Les cultures de tissus sont conservées dans une salle spéciale dont la température est maintenue au-dessus de 15° C au moyen d'un chauffage thermostatique (*Photo* Centract et Cie).

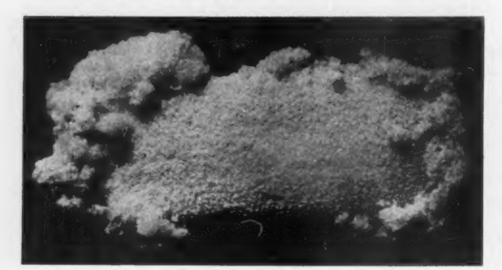
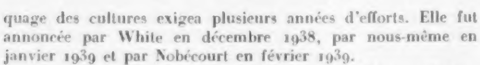


**Fig. 4. — *Culture de cambium de Saule âgée de 4 mois.***
La surface du fragment est couverte de minuscules protubérances. On distingue en outre de volumineux massifs de tissus localisés principalement aux extrémités du fragment.



**Fig. 7. — *Formation pluricellulaire prélevée sur une culture de tissus d'Aune.***
La culture ressemble à un thalle de Champignon.



quage des cultures exigea plusieurs années d'efforts. Elle fut annoncée par White en décembre 1938, par nous-même en janvier 1939 et par Nobécourt en février 1939.

A la suite de ces premiers succès on a pu cultiver indéfiniment de nombreux tissus. C'est ainsi que nous entretenons dans notre laboratoire (fig. 3), des souches de diverses Dicotylédones herbacées et arborescentes. Notre élève Morel est parvenu à cultiver des tissus de Gymnospermes, de Monocotylédones et de Ptéridophytes. Enfin les chercheurs américains White et Braun, Black, Nickell, ont isolé des souches de divers tissus tumoraux et exceptionnellement quelques souches normales (Henderson, Durell et Bonner, Nickell).

Après avoir brièvement exposé l'histoire de la culture des tissus végétaux, nous allons examiner les résultats les plus généraux que cette technique a déjà permis d'obtenir en considérant spécialement des données d'ordre morphologique.

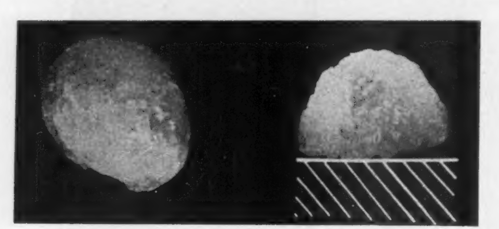


**Fig. 5. — *Culture de tissus de Saule âgée de 45 jours provenant d'une souche de 5 ans ayant subi 31 repiquages.***
A droite, culture vue de profil. Le milieu de culture est représenté par des traits hachurés. A gauche, colonie vue de face. On constate que l'explantat s'est développé pour donner une masse hémisphérique.

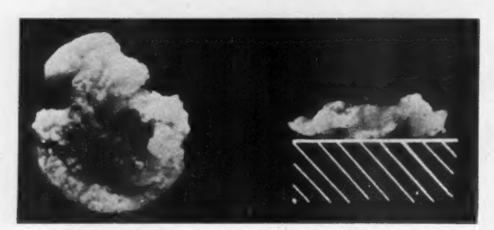


**Fig. 6. — *Culture de tissus d'Aubépine âgée de 45 jours, provenant d'une souche de 6 ans ayant subi 38 repiquages.***
A droite, colonie vue de profil. Le milieu de culture est représenté par des traits hachurés. A gauche, colonie vue de face. On constate que l'explantat s'est développé à la manière d'une colonie de levures pour donner un disque aplati.

***Caractères morphologiques des cultures de tissus végétaux.*** — Le point de départ d'une culture de tissus végétaux s'obtient en plaçant un fragment d'organe à la surface d'un milieu nutritif convenable (nous indiquerons dans un prochain article la composition générale d'un tel milieu). La prolifération s'installe aussitôt et le fragment produit des mamelons parenchymateux indifférenciés (fig. 4), parfois aussi des racines ou des bourgeons. La prolifération est très intense au début de la culture puis elle se ralentit au bout de quelques mois et finalement les tissus se nécrosent.

Pour prolonger l'activité des cultures, il faut, nous l'avons dit, procéder à leur repiquage, c'est-à-dire isoler de l'explantat primitif un fragment de tissu correspondant à une région en voie de croissance rapide et le transporter dans un milieu neuf. Le plus souvent ce fragment s'accroît en tous sens pour donner une masse à peu près sphérique (fig. 5). Dans quelques cas il prolifère seulement sur ses bords et se transforme en un disque aplati s'étalant à la surface du milieu de culture (fig. 6). Ce type de développement est analogue à celui manifesté par des levures ou des bactéries. La fréquence des repiquages dépend de la taille des récipients de culture. En pratique on doit procéder à cette opération lorsque la colonie tissulaire s'est accrue au point de buter contre les parois.

La surface des colonies tissulaires est souvent recouverte de filaments ramifiés constitués de files pluricellulaires (fig. 7) ressemblant aux hyphes de certains champignons. D'autres fois elle produit des cordons assez épais de formes variées (fig. 8).

Les cultures de tissus ayant subi de nombreux repiquages ont un aspect très différent de celui des tissus normaux correspondants, mais elles présentent néanmoins une morphologie qui, pour une même espèce, est invariable. Ces colonies diffèrent profondément de celles fournies par les cellules animales. Elles sont en effet compactes et se prêtent mal à l'observation microscopique directe, tandis que les cultures de tissus animaux sont parfaitement transparentes. Mais en revanche leur croissance n'est pas aussi limitée. Alors qu'une culture de tissus animaux cesse de proliférer au bout de quelques jours même si le milieu nutritif n'est pas épuisé comme l'a indiqué M. Jean Verne dans les articles de *La Nature* que nous avons déjà rappelés, les colonies de cellules végétales, lorsqu'on les cultive dans un récipient très vaste, peuvent se développer pendant plus d'un an pour donner des masses charnues pesant plusieurs centaines de grammes.

L'étude structurale des colonies tissulaires révèle une autre différence essentielle entre les cultures de tissus animaux et

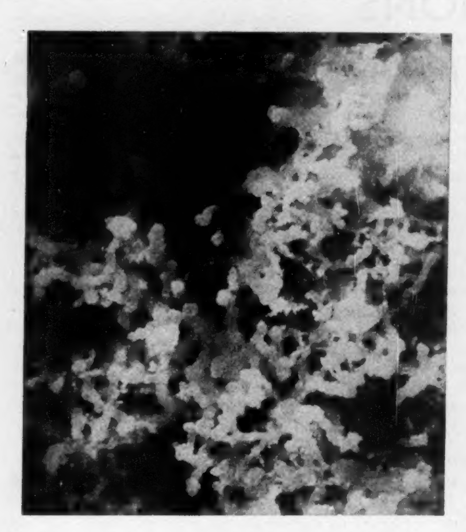


**Fig. 8. — *Surface d'une colonie de tissus de Vigne.***
La colonie a proliféré pour donner des cordons ramifiés curieusement enchevêtrés.

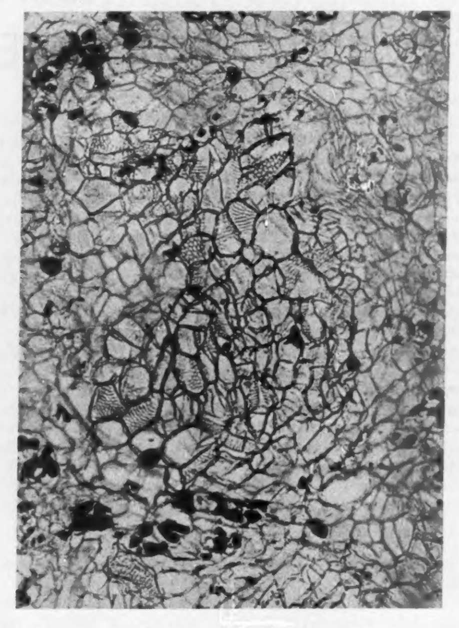


**Fig. 9. — *Coupe pratiquée dans une culture de cambium de Saule.***
La colonie possède une structure hétérogène. Elle est constituée par une masse parenchymateuse renfermant des cellules lignifiées associées à des éléments libériens.

végétaux. M. Jean Verne a indiqué que les cellules animales cultivées *in vitro* sont incapables de se dédifférencier et qu'on ne retrouve en fin de culture rien de plus que les types cellulaires ensemencés initialement. Les cellules végétales peuvent au contraire se dédifférencier lorsqu'on les met en culture. Elles font alors retour à l'état méristématique et sont ensuite susceptibles de se redifférencier pour donner divers types d'éléments; c'est ainsi que si l'on cultive des cellules parenchymateuses de carotte, de saule, de topinambour, etc., elles se dédifférencient pour donner des cellules cambiales qui se transforment ultérieurement en cellules lignifiées et en cellules libériennes. On obtient donc des colonies hétérogènes (fig. 9). Ce pouvoir de dédifférenciation n'est d'ailleurs pas universel ; Morel a en effet constaté que certains parenchymes de vigne demeurent homogènes au cours de la culture.

Tels sont brièvement résumés les principes essentiels de la culture des tissus. Cette méthode appartient maintenant au domaine de la pratique courante. Grâce à elle, on peut entretenir le développement de groupes cellulaires en dehors de l'organisme, suivre leurs transformations morphologiques, analyser leurs modifications structurales et obtenir ainsi des vues précises sur les mécanismes de la morphogenèse, particulièrement de l'histogenèse.

Nous allons pour finir examiner les résultats obtenus dans ce domaine.

***Application à l'étude des phénomènes d'histogenèse.*** — La méthode des cultures *in vitro* se prête à des expériences très variées sur la néoformation des tissus.

Certaines de ces expériences, très originales, sont l'œuvre de notre collaborateur G. Camus. Leur but fut de rechercher pourquoi le système conducteur d'un bourgeon est en étroite continuité avec celui de l'organe qui le supporte. L'application de la méthode des cultures *in vitro* à ce problème consista à greffer des bourgeons sur des fragments d'organes homogènes. En pratiquant des coupes dans les fragments, M. Camus constata que les bourgeons avaient exercé une action histogène capable de traverser la soudure. Cette action était caractérisée essentiellement par une dédifférenciation des cellules parenchymateuses suivie de la redifférenciation de formations conductrices : vaisseaux et tubes criblés. Elle pouvait se transmettre à travers un film de cellophane, ce qui prouvait sa nature humorale. Enfin l'analyse minutieuse des structures obtenues a permis d'admettre que le facteur de ce phénomène d'induction histogène devait être l'acide indole-acétique élaboré par les bourgeons.

La culture des tissus a permis d'étudier également les propriétés histogènes des substances de division. On donne ce nom à des composés organiques qui stimulent la multiplication des cellules. Lorsqu'on les utilise à faible dose, ces composés, quelle que soit leur constitution chimique, déterminent non seulement la prolifération des tissus mais aussi leur organisation selon un plan uniforme rappelant la structure d'organes normaux. Diverses particularités permettent de penser que ces phénomènes d'histogenèse seraient dus à une libération intratissulaire d'un facteur spécifique d'histogenèse.

Lorsqu'on les utilise à forte dose, les substances de division déterminent par contre l'apparition de structures aberrantes n'ayant aucun rapport avec celles d'organes normaux et qui sont spécifiques de chaque composé. On peut estimer que dans ce cas les substances de division intoxiquent les tissus et provoquent des déviations des phénomènes normaux d'histogenèse.

La culture des tissus végétaux a reçu bien d'autres applications, notamment en physiologie et en pathologie. Nous les examinerons dans nos prochains articles.

(*à suivre*).

R.-J. Gautheret,
Professeur à la Sorbonne.

# VIBRATIONS ET STRUCTURE MOLÉCULAIRE

Le but de la physico-chimie est de préciser la structure interne de la molécule, afin d'expliquer et même de prévoir les propriétés physiques et chimiques de chaque corps. Les procédés sans douceur de l'analyse organique permettaient déjà au chimiste de préciser la formule brute d'un corps, les réactions de substitution lui indiquaient les divers groupements qui constituent sa molécule. Par la suite, le spectre infra-rouge, donnant l'image des vibrations de chaque groupement par rapport au centre de la molécule, permit de préciser les liaisons de valence chimique et de construire dans l'espace l'architecture de la molécule, tandis que l'étude des cristaux aux rayons X donnait un tracé cartographique de la molécule, dont les lignes de niveau correspondent aux lignes d'égale répartition des électrons libres. Cette technique de la spectrographie à l'infra-rouge, très développée en France par Lecomte et Freyman, a sa place dans l'arsenal des méthodes de la chimie physique, qui, de plus en plus, supplante la chimie traditionnelle des cornues et des réactifs pour aider à parvenir à une connaissance plus parfaite de la structure du monde qui nous entoure.

* * *

Le monde matériel se présente à nous sous deux aspects complémentaires :

— d'un côté, la *matière*, d'apparence inerte, mais dont les constituants élémentaires (noyaux atomiques et électrons planétaires) sont électrisés et en mouvement les uns par rapport aux autres;

— de l'autre, l'*énergie*, dont les manifestations dans un système matériel quelconque sont toujours liées à des déplacements relatifs.

Des relations étroites existent entre ces deux aspects d'une réalité complexe. Nous allons voir, en faisant appel seulement aux conceptions de la physique classique, comment, de l'aspect vibratoire de la matière, on a su tirer des indications précises sur sa structure : positions respectives des divers atomes et groupes d'atomes qui composent les édifices moléculaires.

**Mouvements périodiques.** — Les mouvements de simple translation d'ensemble des corps n'intéressent que la mécanique; nous nous attacherons ici exclusivement aux mouvements qu'on dit « périodiques », parce qu'ils se reproduisent identiques à eux-mêmes au bout d'un certain temps : la période. L'exemple le plus simple en est fourni, à l'échelle macroscopique, par une simple roue en rotation uniforme, qui repasse à chaque tour par les mêmes états.

Un exemple classique et important de mouvement périodique, qui fournit la clef des vibrations moléculaires, est celui d'une masse attachée au bout d'un ressort, qui exerce une force de rappel lorsqu'on écarte la masse de sa position d'équilibre. Sous les influences contraires de son inertie et de la force élastique du ressort, le corps se met à osciller au bout de son fil, et il est facile de montrer que la période (temps qui sépare deux passages successifs du système par le même état) dépend seulement de la masse du corps suspendu et du coefficient d'élasticité du fil de suspension. Plus la masse oscillante est grande, plus elle est inerte, et plus grand sera le temps qu'elle mettra à revenir vers sa position d'équilibre. De même, plus le ressort est énergique, c'est-à-dire plus le coefficient d'élasticité est grand, plus le rappel est rapide et plus la période sera courte (fig. 1).

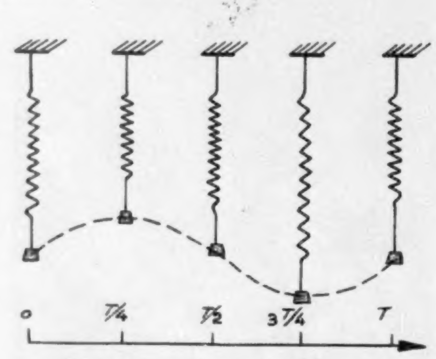



**Fig. 1.** — ***Masse placée au bout d'un ressort.***
La masse oscille sinusoïdalement lorsqu'elle a été initialement écartée de sa position d'équilibre.

On exprime la période par la formule $T = 2\pi\sqrt{\frac{M}{k}}$, où T est la période, M la masse et $k$ le coefficient d'élasticité.

Les physiciens utilisent plus souvent dans le calcul la *fréquence*, inverse de la période : si un phénomène met 1/1 000 s à se produire, il y en aura évidemment 1 000 par seconde.

Retenons seulement de ce que nous venons de dire que, si l'on connaît deux des trois grandeurs, fréquence ou période, coefficient d'élasticité et masse, on pourra calculer la troisième, et transposons cet exemple dans le domaine de l'infiniment petit.

**La formule chimique et son interprétation.** — Remplaçons la masse oscillante par celle d'un noyau atomique léger (hydrogène par exemple) et la force élastique du ressort par celle qui le lie à un atome, de carbone par exemple, lequel est suffisamment lourd pour que nous puissions provisoirement le considérer comme immobile.

Un atome de carbone est dit « tétravalent » parce qu'il peut établir de telles liaisons avec quatre atomes d'hydrogène. Telle est, par exemple, la constitution du plus simple des corps organiques : le méthane $CH_4$. Les noyaux d'hydrogène portant des charges de même signe (positives) se repoussent mutuellement et vont se répartir, autour de l'atome de carbone central, en équilibre aux quatre sommets d'un tétraèdre régulier, comme l'a montré Van t'Hoff à la fin du siècle dernier. Son modèle de la plus simple des molécules organiques eut un immense succès parmi les chimistes auxquels il permit non seulement de « construire » la structure dans l'espace des corps organiques à partir de leur formule développée, en assemblant des noyaux tétraédriques formant l'ossature de la chaîne carbonée, mais encore d'expliquer l'inexistence de certains corps dont la formule développée était parfaitement concevable sur le papier, mais que les règles énoncées par Van t'Hoff amenaient à considérer comme irréalisables dans l'espace.

La généralisation est aisée, en considérant non plus de simples atomes, mais des groupements d'atomes ou « radicaux »; ainsi, un radical R, phényl $C_6H_5^-$ par exemple, que les chimistes représentent souvent dans leurs formules par le symbole abrégé d'un hexagone régulier, s'unira à un radical X

plus ou moins complexe, tel que le radical amine — $NH_2$. Dans la molécule organique R — X (dans l'exemple choisi le phénylamine $C_6H_5 — NH_2$), le groupement X n'est pas lié si rigidement à son radical R qu'il ne puisse effectuer de petits déplacements, dans l'espace, autour de la position d'équilibre, comme la masse suspendue au bout de notre ressort de tout à l'heure.

Ces petits déplacements, régis par deux influences contradictoires : l'inertie du groupement X et la force de liaison qui joue le rôle de ressort, vont être de petites oscillations dont la fréquence sera d'autant plus grande que l'attraction subie sera plus forte, et d'autant plus petite que la masse du groupement X, qui dépend de la complication de sa structure, sera elle-même plus grande. De même que dans le cas du ressort, connaissant les grandeurs de la force de rappel et de la masse des groupements moléculaires, nous en déduirons la fréquence d'oscillation propre du groupement dans la molécule, ou, ce qui est bien plus intéressant pour les chimistes, nous remonterons, inversement, de cette fréquence d'oscillation (mesurée expérimentalement par la longueur d'onde qu'elle émet, comme nous allons le voir) à la constitution des groupements chimiques dans l'espace, ce qui permettra d'expliquer et même de prévoir un bon nombre de leurs propriétés physiques.

**Émission du rayonnement par les groupements moléculaires.** — Comment déceler ces vibrations moléculaires ?

Toute charge électrique qui se déplace se comporte comme une microscopique antenne émettrice et « rayonne » dans l'espace une onde de nature électrique, de même que, dans notre modèle mécanique, si nous avions placé le poids oscillant au bout de son fil dans un fluide quelconque, il aurait propagé autour de lui des ondes sphériques de compression et de dilatation du fluide, séparées par l'intervalle qu'elles parcourent en une période, la *longueur d'onde* (ce sera le produit de la vitesse de propagation des ondes par la période, ou, ce qui revient au même, le quotient de cette vitesse de propagation par la fréquence).

Ainsi, la charge oscillante de la molécule rayonne dans l'espace autour d'elle une onde électrique ou plutôt *électromagnétique*, puisque Maxwell a montré que toute variation d'un

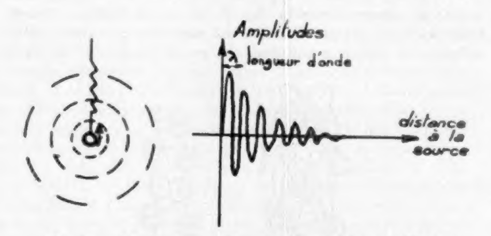



**Fig. 2. — *Dissipation de l'énergie d'un système oscillant.***
Le système oscillant rayonne autour de lui une onde dont l'amplitude décroît rapidement avec la distance.

champ électrique est accompagnée d'un champ magnétique qui lui est proportionnel. Cette onde, dont la nature ne diffère en rien de celle d'une onde lumineuse ou hertzienne, va diffuser l'énergie que possédait la charge et, par suite, amortir son mouvement jusqu'à l'immobilité (fig. 2). Tel est le mécanisme très simple du rayonnement électromagnétique, et l'on conçoit que son étude, objet de la spectroscopie, puisse donner de précieux renseignements sur la structure des particules vibrantes.

Pour provoquer l'émission d'énergie vibratoire par les molécules, il faut leur fournir cette énergie qu'elles restitueront par la suite sous forme oscillante. Pour ce faire, les spectroscopistes emploient généralement des moyens assez brutaux, tels que l'incandescence ou les champs électriques très intenses qu'on obtient dans l'étincelle électrique, lesquels atteignent directement les couches électroniques de l'atome en donnant des spectres de radiations qui s'étendent dans la partie visible ou ultra-violette des ondes lumineuses. Ces spectres sont caractéristiques des atomes qui constituent l'architecture des molécules, mais non de cette architecture elle-même.

Aussi, pour obtenir seulement les vibrations moléculaires caractéristiques des groupements chimiques, il faudra employer des procédés plus doux. D'ailleurs, la plupart des molécules organiques sont fragiles et seraient rapidement détruites par une élévation un peu considérable de la température.

**Vibrations forcées et résonance.** — Reprenons notre modèle mécanique initial, constitué d'une masse oscillant au bout d'un ressort, mais suspendons l'ensemble à un support mobile auquel nous imprimerons une vibration verticale d'amplitude constante et de fréquence croissante, que nous appellerons la *vibration forcée*.

Pour des fréquences très faibles de cette oscillation forcée, la masse suspendue au bout du fil suit sans inertie les lentes oscillations du support. Mais quand la fréquence augmente, l'inertie joue un rôle de plus en plus important : la masse se refuse à suivre le mouvement du support (fig. 3) et finit par rester pratiquement immobile, le support oscillant pour son compte sans que la masse se déplace. Cette gamme de fréquences dans

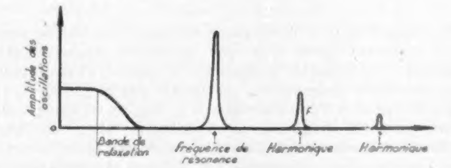



**Fig. 3. — « *Spectre* » *théorique d'un système soumis à des oscillations forcées.***
On a porté ici l'amplitude des mouvements vibratoires du système en fonction de la fréquence des oscillations forcées qui lui sont imposées. Pour des oscillations lentes imposées, le système suit d'abord l'amplitude des oscillations forcées ; puis, au fur et à mesure que la fréquence augmente, il cesse progressivement d'osciller (bande de relaxation). Lorsque la fréquence imposée atteindra la fréquence fondamentale propre du système, il y aura résonance, et l'oscillation pourra atteindre une amplitude bien supérieure à celle des oscillations forcées. Il en sera de même pour les fréquences harmoniques, égales à 2, 3, 4 ... n fois la fréquence fondamentale, mais avec des amplitudes chaque fois décroissantes.

laquelle les vibrations de la masse diminuent peu à peu d'amplitude jusqu'à l'immobilité a été appelée par les physiciens *bande de relaxation*, et nous verrons que c'est une caractéristique importante des systèmes vibrants.

Accroissons encore le rythme des vibrations du support : la masse se refuse toujours à suivre le mouvement que l'on tente de lui imposer, jusqu'à ce que celui-ci passe par la fréquence des oscillations propres du système, fréquence que nous avons définie plus haut, sur laquelle le système vibrait spontanément. L'amplitude des mouvements de la masse croît alors brusquement et atteint des valeurs considérables, très supérieures à celles du support lui-même. C'est le phénomène de *résonance*, bien connu dans le cas des circuits radioélectriques. Le système absorbe alors au maximum l'énergie qui lui est fournie et ce fait établit un étroit parallélisme entre l'*émission*, où le système rayonne spontanément son énergie vibratoire à sa fréquence propre, et l'*absorption*, où il l'emprunte au contraire au maximum au milieu extérieur, à la même fréquence, lors de la *résonance*.

Si l'on dépasse cette fréquence de résonance dite *fondamen-*

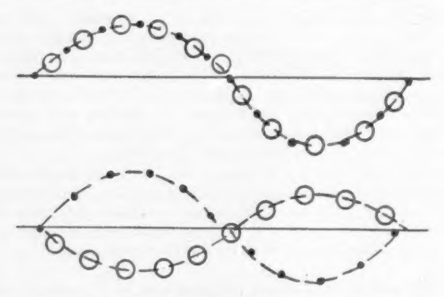


**Fig. 4. — *Oscillation mécanique* (*en haut*) *et vibration électromagnétique* (*en bas*).**

Ce qui distingue une vibration électromagnétique d'un réseau cristallin ou moléculaire d'une simple oscillation mécanique du corps dans son ensemble c'est que dans un réseau, que nous supposons ici pour simplifier réduit à une file d'atomes tels que Na — Cl (molécule de NaCl), le réseau cristallin se décompose en deux sous-réseaux de Na et de Cl de polarités différentes, ions + d'un côté, ions — de l'autre, oscillant l'un par rapport à l'autre, et c'est le déplacement de ces charges qui constitue la vibration électromagnétique. Au contraire, une vibration mécanique qui serait par exemple une onde ultrasonore de longueur extrêmement faible serait le déplacement périodique de la file d'atomes de nature différente vibrant comme s'ils étaient répartis le long d'une corde vibrante. Les deux mécanismes n'ont rien de commun et la vitesse de propagation des ondes mécaniques (vitesse du son) n'a aucun rapport avec la vitesse de propagation de l'onde électromagnétique.

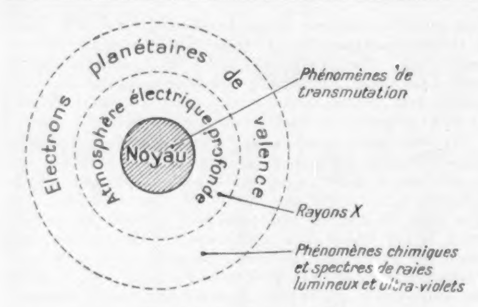



**Fig. 5. — *Structure de l'atome.***

Le chimiste se contente d'attribuer à l'atome une structure assez rudimentaire : un noyau positif portant une charge proportionnelle à son nombre atomique et une atmosphère d'électrons planétaires qui se divisent eux-mêmes en électrons des couches intérieures tournant autour de l'atome et qui lui restent attachés, électrons de valence qui dans les combinaisons chimiques tournent autour de l'ensemble de la molécule.

*tale*, l'amplitude des vibrations de la masse redevient de nouveau négligeable jusqu'à ce que l'oscillation forcée atteigne une fréquence double de la résonance. Il apparaît alors un nouveau maximum d'absorption, plus faible que le précédent, et qui correspond à l'« harmonique » 2 (fig. 3). Il en sera de même pour des fréquences de l'oscillation forcée multiples entiers de la fondamentale : c'est ce qu'on appelle les fréquences « harmoniques », égales à 2, 3, 4, ..., *n* fois la fréquence fondamentale d'oscillation propre, et qui se manifestent par des maxima décroissant continûment jusqu'à disparaître complètement.

Ces phénomènes, dont un modèle mécanique vient de nous permettre de saisir entièrement les modalités, sont absolument généraux pour tous les systèmes vibrants quelle que soit leur nature, et il suffira de les transposer littéralement dans le domaine des oscillations moléculaires pour voir s'expliquer plusieurs phénomènes fondamentaux, que nous allons étudier (fig. 4).

**Cartes électroniques.** — Nous venons de voir qu'on peut se représenter la molécule chimique comme constituée par un certain nombre de centres électrisés, les atomes, plus ou moins ionisés, placés à des distances bien déterminées les uns des autres. Autour de l'ensemble de la molécule ou autour de chaque groupement d'atomes constituant les radicaux doués d'une certaine individualité, graviteraient ceux des électrons périphériques des atomes jouant un rôle dans les liaisons entre atomes et dits pour cela *électrons de valence* (fig. 5).

On est sûr aujourd'hui qu'il ne s'agit pas là d'une simple vue de l'esprit, mais que ce schéma, œuvre des chimistes, répond bien à la nature profonde des choses. En effet, une justification remarquable a été fournie par les travaux récents des spécialistes des rayons X qui, étudiant la constitution de certains cristaux, ont pu si bien préciser la répartition des charges électriques dans un cristal qu'ils réussissent à tracer une véritable carte électronique de la molécule (fig. 6).

Ces courbes, qui ont l'apparence des courbes de niveau d'une carte géographique, représentent la projection, sur le plan médian de la molécule, des lignes d'égale densité électronique telles qu'on les déduit des intensités respectives des taches de diffraction des rayons X. La physique moderne a renoncé à attribuer aux électrons une individualité propre et à leur fixer dans l'atome des trajectoires fixes, la détermination de la répartition des charges électriques dans un atome prend ainsi le caractère d'un problème statistique que résout précisément la diffraction des rayons X à travers une substance à l'état cristallin, constituée d'un nombre extrêmement élevé d'atomes.

On obtient ainsi de véritables images des molécules, qui mettent en évidence des chaînes carbonées en zigzag, des groupements d'atomes plus ou moins compacts entre lesquels la densité électronique est plus forte qu'ailleurs correspondant aux radicaux, etc. Leur concordance avec les schémas de la chimie est absolument remarquable.

Les physiciens montrèrent la dissymétrie de la répartition des charges électriques dans la carte électronique de la molécule en l'assimilant dans leurs calculs à un « dipôle », c'est-à-dire à un segment portant à ses deux extrémités des charges électriques de signes contraires (fig. 7). Si un tel dipôle se trouve placé dans un champ électrique tel que celui qui règne entre les plateaux d'un condensateur chargé, il s'oriente et se place

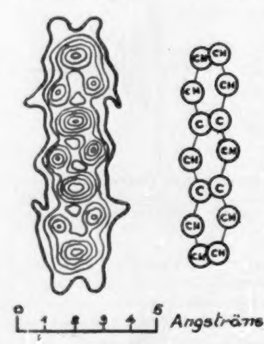
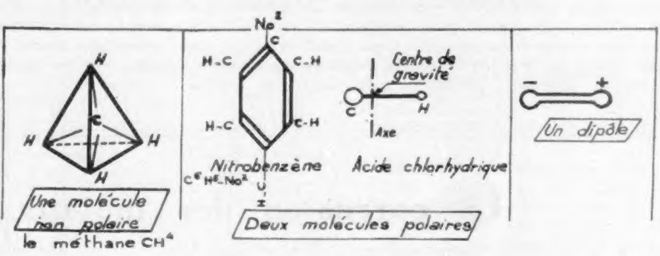



**Fig. 6. — *Carte suivant l'axe principal de la molécule de l'anthracène* $C_{14}H_{10}$.**

Le schéma de droite indique la structure de la molécule. Les lignes de niveau de la carte ainsi tracée correspondent aux lignes de même nombre de charges électriques mesurées en nombre d'électrons. On se rend compte clairement du rôle des électrons de valence dont la trajectoire se fait autour de la molécule et du rôle des électrons attachés à l'atome qui tournent autour de celui-ci.

Fig. 7. — ***Molécules polaires et non polaires.***

Les molécules dites polaires sont constituées de telle sorte que le centre de gravité des charges positives est différent de celui des charges négatives. On peut alors assimiler théoriquement ces molécules à des dipôles, sorte de bâtonnets portant des charges à chaque extrémité et s'orientant dans le champ électrique comme le fait une aiguille aimantée dans le champ magnétique terrestre. Au contraire, des molécules parfaitement symétriques telles que $CH_4$ ne peuvent être polaires.



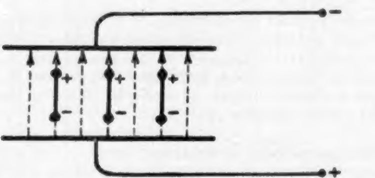



Fig. 8. — ***Dipôle placé dans le champ électrique d'un condensateur.***

Le dipôle s'oriente suivant les lignes de force du champ.

suivant une des lignes de force du champ électrique (fig. 8). Si l'on renverse le sens du champ, le dipôle tournera autour de son centre de gravité et s'orientera en sens inverse. Si l'on remplace maintenant le champ électrique continu, toujours de même sens, par un champ alternatif de fréquence basse, tel que celui créé par le secteur alternatif (50 périodes par seconde), les dipôles tourneront régulièrement à chaque alternance du champ.

Or, ces molécules chimiques que sont les dipôles forment dans le condensateur un *diélectrique*, ce qui signifie qu'elles multiplient sa capacité par un certain « coefficient diélectrique », caractérisant précisément le rôle de la substance interposée entre les armatures. Plus ce coefficient est grand, plus le diélectrique est modifié par le champ électrique.

Quand les dipôles se retournent alternativement dans le milieu, ils subissent un frottement les uns sur les autres qui se traduit par un échauffement du diélectrique et par une perte d'énergie corrélative. On dit qu'un diélectrique *introduit des pertes*, et la recherche des diélectriques de pertes minima pour un effet maximum sur la capacité du condensateur dans lequel ils sont interposés est la préoccupation dominante des fabricants de condensateurs. On conçoit que la connaissance de la structure des molécules polaires permette, en fonction de leur « frottement interne », cause de la dissipation d'énergie, et de leur facilité d'orientation, cause de leur pouvoir diélectrique, de choisir *a priori* tel ou tel corps comme diélectrique dans les condensateurs industriels, gros appareils qui jouent dans l'industrie un rôle de plus en plus important. C'est ainsi que les spécialistes ont étudié des produits organiques synthétiques, les *diélectrols*, dont la formule chimique est telle que leur capacité d'orientation soit très grande et leur frottement interne très réduit.

**Bandes de relaxation dans les diélectriques.** — Si l'on accroît la fréquence des oscillations imprimées aux dipôles élémentaires placés dans le champ du condensateur, il arrive un moment où l'inertie de ces dipôles est trop grande pour qu'ils arrivent à suivre les impulsions trop rapides du champ électrique. Au lieu de se retourner bout pour bout, ils ne font qu'osciller, et l'amplitude de leur mouvement de pivotement diminue rapidement avec la fréquence jusqu'à l'immobilité complète.

Ce délai minimum demandé par le dipôle pour s'orienter dans le champ s'appellera comme pour notre modèle mécanique *temps de relaxation* (fig. 9). Il faut cependant remarquer ici une différence importante : c'est le mouvement de la molécule *dans son ensemble* qui n'a plus le temps de se produire, tandis que dans le modèle mécanique, il s'agissait d'une déformation du système masse-ressort.

Dans cette région, l'absorption d'énergie diminue considérablement puisqu'il n'y a plus de mouvements moléculaires et, par conséquent, plus de frottements internes. Enfin le coefficient diélectrique décroissant avec l'amplitude des mouvements des dipôles, la vitesse de propagation des ondes électromagnétiques, qui est liée à ce coefficient par une célèbre relation due à Maxwell, décroîtra corrélativement dans cette région du spectre des ondes électromagnétiques, ce qui fournit un élégant moyen de calcul du coefficient diélectrique par mesure de la déviation d'un faisceau étroit d'ondes hertziennes dans un prisme de la substance à étudier, puisque la vitesse de l'onde est inversement proportionnelle à l'indice de réfraction.

Ces molécules polaires sont enfin soumises, comme toutes les particules matérielles, à ce que l'on appelle l'agitation thermique, mouvement spontané semblable au mouvement brownien qui se superpose au mouvement d'orientation des molécules diélectriques dans le champ et vient déranger l'ordre idéal vers lequel elles tendent. Plus la température est élevée, plus cette agitation désordonnée est importante par rapport à la tendance à l'orientation due au champ, et l'on conçoit que la constante diélectrique, qui est simplement l'expression de cette faculté d'orientation, diminue quand la température augmente. C'est ce

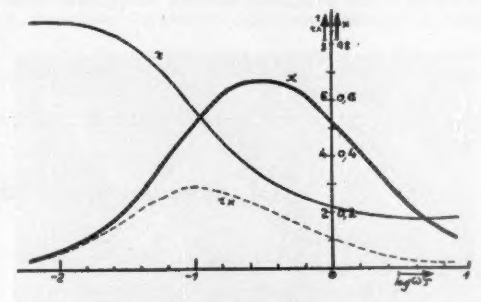



Fig. 9. — ***Bandes de relaxation de l'alcool propylique*** **$CH_3 — CH_2 — CHOH$.**

La courbe en trait plein représente l'absorption d'énergie dans le diélectrique considéré en fonction de la fréquence du champ électrique appliqué. Cette absorption, que les physiciens mesurent par l' « indice d'absorption » alors que les radioélectriciens la mesurent par l' « angle de pertes », diminue quand les dipôles deviennent progressivement immobiles, car ils ne peuvent plus suivre les alternances du champ. Ils ne frottent plus alors les uns contre les autres et ne dissipent plus d'énergie. La constante diélectrique croît corrélativement, ce qui signifie que les vibrations électromagnétiques se propagent plus lentement.

qui explique que, lorsqu'on veut fabriquer des condensateurs de mesures électriques de haute précision, on soit conduit à employer comme diélectriques des corps cristallisés solides, tels que le mica ou le quartz à point de fusion élevé et dans lesquels les molécules, rigidement fixées dans leur position moyenne, ne peuvent que s'orienter sur place, mais non se déplacer sous l'influence de l'agitation thermique : la constante diélectrique variera peu avec la température, condition essentielle pour des appareils étalons.

*(à suivre).* A. MOLES.

# La corrosion des métaux enterrés

LE problème de la corrosion des métaux enterrés a fait l'objet d'une discussion à Londres, en décembre 1951, sous les auspices de la British Iron and Steel Research Association. Divers rapports furent présentés sur les sujets suivants :

***Corrosion des tuyaux en fonte et en acier.*** — L'examen de tuyaux enterrés depuis 5 ans dans des terrains divers (tertes marécageuses salées, argile de Londres, argile humide neutre, marne keupérienne, cendrées) a permis les constatations suivantes : pour ce qui concerne la couche protectrice, une métallisation au zinc a protégé les tuyaux pendant plus de 5 ans dans un terrain remblayé de cendrées où l'attaque est particulièrement violente; un revêtement au bitume de 6 mm sur tube d'acier était en parfait état, mais une peinture au goudron chaud de 125 μ n'a pas résisté. Dans la marne de keuper, où le revêtement au bitume était intact, un enduit au coaltar se révélait insuffisant; un émail vitreux sur fonte était en parfait état, tandis qu'une peinture cuite à la résine phénolique sur acier était détruite par suite de sa faible épaisseur. Pour les tuyaux nus on a noté que le degré d'agressivité du sol a plus d'importance que la nature du matériau.

***Corrosion souterraine.*** — L'action du *Vibrio desulphuricans*, qui produit une corrosion anaérobie des tuyaux en fonte et en acier enterrés dans un sol mouillé, a été confirmée. Les recherches sur l'action des bactéries se poursuivent ; on a trouvé que les séléniates empêchent la réduction des sulfates. L'attention a également été attirée sur l'importance de la longueur des tuyaux examinés, la corrosion étant bien souvent différente suivant que les tuyaux sont longs ou courts. On doit noter aussi le rôle joué par les variations de la pression intérieure sur le comportement des revêtements.

***Protection cathodique.*** — La corrosion étant due à un courant électrique positif qui s'écoule du métal vers l'électrolyte à l'anode (le point de corrosion), le principe de la protection cathodique consiste à créer un contre-courant suffisant annihilant le précédent et par suite la corrosion. Appliqué convenablement après un examen préliminaire du terrain, et complété par un revêtement soigné, ce mode de protection peut protéger les tuyaux indéfiniment.

***Drainage polarisé et drainage forcé.*** — Ces méthodes de drainage sont surtout utilisées là où il existe des lignes de tramways. Le drainage polarisé consiste dans la neutralisation d'aires anodiques produites par les courants vagabonds, en connectant la conduite au circuit de retour des lignes de traction électriques causant ces courants. Le drainage forcé est appliqué là où le potentiel du rail ne constitue pas une source suffisante de courant et où il n'était pas nécessaire d'insérer dans le circuit électrique une source de force électromotrice supplémentaire.

***Électrodes enterrées.*** — Le comportement de la fonte, du fer Armco, de l'acier doux, de l'acier doux galvanisé, du cuivre et du cuivre étamé a été examiné pendant 12 ans dans 12 terrains différents comportant des spécimens salés et non salés. On a constaté que le cuivre étamé résiste le mieux; la galvanisation protège également bien l'acier doux.

Pour ce qui concerne la corrosion de l'aluminium, du cuivre et du plomb enterrés, l'aluminium a montré des piqûres après 5 ans dans tous les terrains, sauf dans l'argile la plus neutre où l'attaque était pour ainsi dire inexistante; les cendrées attaquent fortement le cuivre. Pour le plomb, l'attaque était variable suivant les terrains. La protection la meilleure pour l'aluminium serait la protection cathodique combinée avec un bon enduit d'aluminium-zinc.

H. M.

# Le nouveau canal d'Amsterdam au Rhin

Le 21 mai dernier, la reine Juliana a solennellement inauguré la nouvelle voie navigable reliant Amsterdam au Rhin.

La longueur totale du nouveau canal, d'Amsterdam à Tiel, est de 72 km. Sa largeur en surface varie de 65 à 75 m et au fond de 40 à 50. La profondeur est assez grande pour que le plus grand navire rhénan des Pays-Bas, le « Grotius » jaugeant 4 500 tonnes, puisse passer. En fait, le bâtiment courant dans la navigation rhénane jauge 2 000 tonnes, les unités plus grandes ne pouvant remonter à pleine charge le cours supérieur du fleuve.

La vitesse maximum autorisée dans le nouveau canal est de 15 km à l'heure. Chose rare, les berges ont une couverture asphaltée pour diminuer les affouillements dus aux remous. Malgré cette limitation, l'économie de temps est de 24 h, réduisant le prix du fret.

L'établissement du canal a posé toute une série de problèmes hydrographiques dans ce surprenant pays, où les niveaux du sol et des eaux sont souvent inversés. L'un des plus particuliers s'est présenté à Wijk-bij-Duurstede, où le canal rencontre un fleuve au cours entièrement libre, le Lek. Celui-ci n'a pas seulement un niveau variable, mais il charrie chaque année environ 250 000 tonnes de sables vers la mer. Des dispositifs particuliers ont permis d'éviter l'envasement.

L'établissement du canal a conduit à déplacer près de 20 millions de mètres cubes de terre et les travaux ont duré 10 ans.

# Coussinets poreux auto-lubrifiants

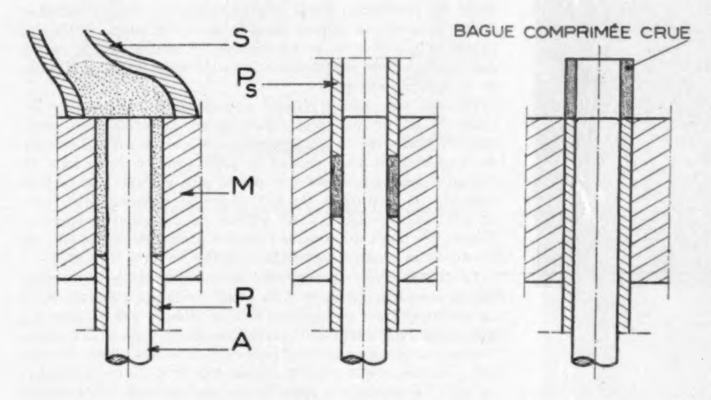



**Fig. 1. — *Diagramme de compression d'un coussinet auto-lubrifiant.***
A gauche : remplissage de la matrice ; au milieu : compression ; à droite : éjection de la pièce. Explication des lettres dans le texte.

Jusqu'a ces derniers temps, la plupart des métaux et alliages industriels étaient obtenus par les procédés de la métallurgie classique : élaboration du métal à l'état liquide, puis moulage direct des pièces ou coulée de lingots ultérieurement laminés ou forgés et usinés.

Une autre technique récente produit et utilise des métaux en poudre et s'inspire de l'industrie céramique dont elle a adopté les méthodes de moulage et de cuisson. Par ses possibilités techniques nouvelles, la « métallurgie des poudres » permet l'élaboration d'alliages dont les propriétés, parfois surprenantes, diffèrent singulièrement de celles qu'on recherchait auparavant. Tel est, en particulier, le cas des alliages à porosité contrôlée, utilisés pour la fabrication des coussinets auto-lubrifiants, sur lesquels nous voulons attirer l'attention.

## Fabrication des coussinets

La fabrication de pièces en métal fritté comporte trois opérations principales : *a*) compression à froid de la poudre métallique dans une matrice en acier traité afin d'obtenir un comprimé « cru » aux dimensions de la pièce à réaliser; *b*) cuisson ou « frittage » de ce comprimé cru à une température inférieure au point de fusion du constituant métallique principal, pour conférer à la pièce la résistance mécanique qui faisait défaut au comprimé cru, en conservant sa forme initiale; *c*) calibrage de la pièce frittée afin de l'amener à ses cotes définitives.

Nous examinerons particulièrement la fabrication de bagues auto-lubrifiantes cylindriques en bronze fritté contenant 90 pour 100 de cuivre et 10 pour 100 d'étain.

***Compression.*** — On part d'un mélange contenant 90 pour 100 de poudre de cuivre et 10 pour 100 de poudre d'étain, dont les grains ont des dimensions comprises entre quelques microns et un dixième de millimètre. On ajoute à ce mélange environ 1 pour 100 de stéarate de calcium en poudre, afin de faciliter la compression et de réduire l'usure de la matrice. Le mélange des poudres, contenu dans un sabot d'alimentation S (fig. 1) tombe par gravité dans une matrice M en acier trempé, fermée à sa base par un piston inférieur P et comportant en son centre une aiguille cylindrique A, d'un diamètre égal à celui de l'alésage de la bague à réaliser. Après effacement du sabot d'alimentation S, un piston supérieur Ps vient obturer la matrice. La poudre est alors comprimée, sous une pression d'environ 2 t/cm², par les deux pistons $P_I$ et $P_s$ qui s'enfoncent symétriquement dans la matrice. Après avoir remonté le piston supérieur $P_s$, la pièce est éjectée de la matrice au moyen du piston inférieur $P_I$. La cadence de production peut varier, selon les dimensions des bagues, de 100 à plusieurs milliers de pièces à l'heure. La bague comprimée ainsi obtenue présente l'éclat métallique et la couleur du cuivre ; elle est suffisamment résistante pour être manipulée avec précautions, mais s'écrase facilement par pression des doigts et ne possède aucune plasticité.

***Frittage.*** — Les pièces comprimées crues sont portées à une température d'environ 800°, très inférieure à celle de fusion du cuivre, dans un four électrique à atmosphère contrôlée qui peut être, soit de l'hydrogène, soit de l'ammoniac craqué, soit du gaz de ville partiellement brûlé. Cette atmosphère réductrice évite toute oxydation des pièces et réduit même les traces d'oxyde pouvant contaminer la surface des grains de poudre. Au cours de ce traitement l'étain s'allie au cuivre pour former, après diffusion, un bronze α homogène, comme le montre la figure 2.

La bague frittée conserve sa forme initiale, mais sa couleur vire du rouge du cuivre au jaune doré d'un bronze à 10 pour 100 d'étain. Le frittage se traduit par un accroissement considérable des caractéristiques mécaniques du métal dont la résistance à la traction peut atteindre 10 kg/mm².

***Calibrage.*** — Si le coussinet conserve, après frittage, sa forme générale, il a subi de légères déformations dépassant les tolérances imposées pour ce type de pièce. On amène la bague

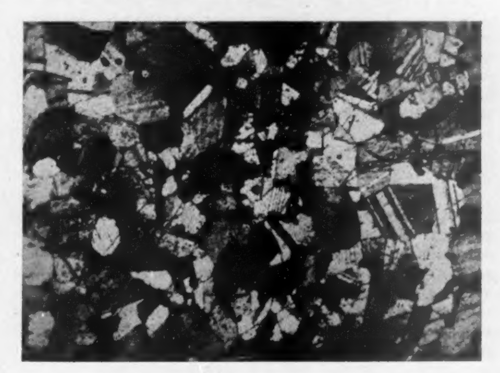


**Fig. 2. — *Micrographie d'une bague « Calcar » en bronze fritté.***
Grossissement : × 250

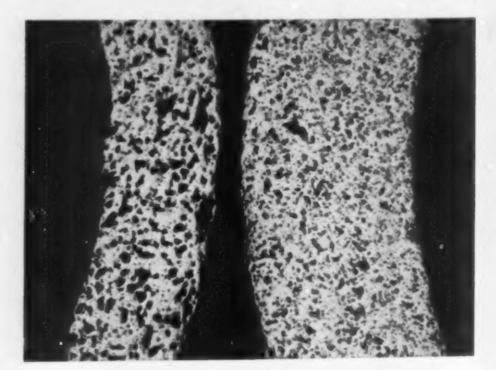


**Fig. 3. — *Sections de bagues « Calcar » en bronze fritté.***
Grossissement : × 12.

à ses cotes définitives par un calibrage obtenu en recomprimant la pièce frittée dans une autre matrice. Ce traitement confère, en outre, à l'alésage du coussinet un aspect glacé très favorable à son bon fonctionnement.

***Porosité des coussinets frittés.*** — La présence de soufflures ou de pores dans les produits métallurgiques est généralement considérée comme un défaut grave qu'on s'efforce d'éliminer; en fait, la densité des métaux forgés ou laminés est pratiquement égale à leur densité théorique. Il n'en est plus de même des alliages frittés qui, à l'exception des alliages durs à base de carbure de tungstène ou de titane, présentent, dans les conditions industrielles de fabrication, une porosité minimum d'environ 10 pour 100. Ce manque de compacité se traduit par de faibles valeurs des caractéristiques mécaniques des produits frittés, sujétion sérieuse pour leur emploi comme pièces mécaniques; mais cette porosité peut être exploitée d'une manière systématique pour la fabrication de filtres métalliques ou de coussinets auto-lubrifiants, dont la perméabilité est la caractéristique essentielle. Les pores des produits filtrés présentent, en effet, comme le montre la figure 3, la particularité d'être intercommunicants et de former un fin réseau capillaire débouchant librement à la surface de la pièce.

Il est possible de modifier dans une large mesure la porosité des alliages frittés en faisant varier les facteurs suivants : 1° forme et répartition granulométrique des poudres utilisées; 2° proportion de stéarate ajoutée à la poudre; 3° pression de compression; 4° addition éventuelle d'un élément porogène supplémentaire (par exemple $CO_3(NH_4)H$) s'éliminant au cours du frittage; 5° cycle de frittage (vitesse de chauffage, température maximum, durée du traitement).

## Fonctionnement des coussinets

Après calibrage, les coussinets frittés sont imprégnés d'huile par immersion en autoclave dans un bain porté à 60°, sous vide partiel. L'huile pénètre dans le réseau capillaire qu'elle remplit. Cette réserve d'huile (qui selon la porosité du métal varie de 15 à 30 pour 100 du volume de la pièce) est suffisante pour assurer, dans des conditions de vitesse et de charge normales, un fonctionnement correct de la bague pendant plusieurs milliers d'heures, car la consommation d'huile est très faible. A l'arrêt, il reste à la surface de l'alésage un mince film d'huile adsorbée qui assure, au démarrage, un graissage onctueux prévenant un grippage initial. Dès que l'arbre tourne, le coussinet s'échauffe, l'huile se dilate et exsude des pores. La rotation de l'arbre provoque une aspiration de l'huile qui s'ajoute à la dilatation thermique pour assurer l'appoint convevable de lubrifiant. Toute augmentation de charge entraîne immédiatement un apport supplémentaire d'huile. A l'arrêt, l'huile se contracte en se refroidissant et rentre dans les pores par capillarité, ce qui explique la faible consommation d'huile de ce type de coussinet.

Pendant une courte période de rodage, la température du coussinet est un peu plus élevée qu'en fonctionnement normal. Si l'arbre porte constamment sur une même génératrice du coussinet, la zone voisine se polit pendant la période de rodage, créant une surface de portée plus parfaite. En période normale, le coefficient de frottement se stabilise entre 0,01 et 0,05, correspondant à un régime de graissage hydrodynamique, les pores du coussinet jouant probablement le rôle de bassins-relais contribuant à la stabilité du film d'huile.

La charge que peut supporter le coussinet n'est pas limitée par la résistance mécanique du métal, mais par l'échauffement de l'huile qui, s'il est exagéré, peut se traduire par un cracking détruisant rapidement les qualités lubrifiantes. Pour une même charge, la température de régime des coussinets auto-graisseurs est plus élevée que celle des coussinets à graissage extérieur; en effet, la quantité d'huile disponible est faible et n'est pas renouvelée; la conductibilité thermique d'un métal poreux est plus faible que celle du même métal massif (elle est également plus faible pour le fer fritté que pour le bronze fritté). L'huile d'imprégnation des coussinets doit donc être choisie avec soin; il la faut stable chimiquement, onctueuse, mouillante et de viscosité constante.

La capacité de charge d'un coussinet dépend essentiellement de la température de fonctionnement qui est elle-même conditionnée par l'épaisseur du coussinet qui conditionne la réserve d'huile disponible et par l'évacuation de la chaleur. Jusqu'à 60° (sur la surface extérieure d'une bague de 2 à 5 mm d'épaisseur) la charge maximum admissible, exprimée en $kg/cm^2$ (quotient de l'effort radial total exercé sur la bague par le produit de sa longueur par son diamètre), varie en fonction de la vitesse de glissement exprimée en m/sec, comme l'indique la figure 4, valable pour des bagues auto-lubrifiantes en bronze ou en fer fritté.

Lorsque la charge des coussinets dépasse les valeurs admis-

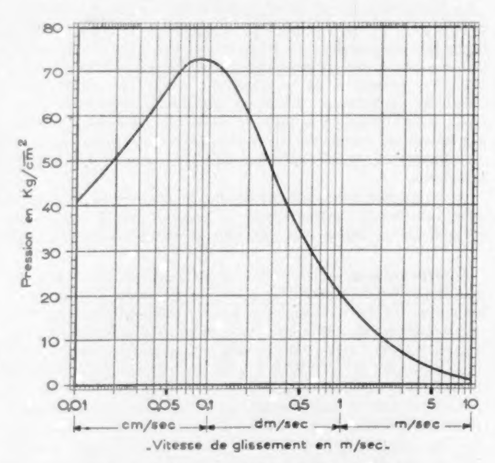



**Fig. 4. — *Courbe des charges admissibles pour des coussinets auto-lubrifiants en fer fritté.***

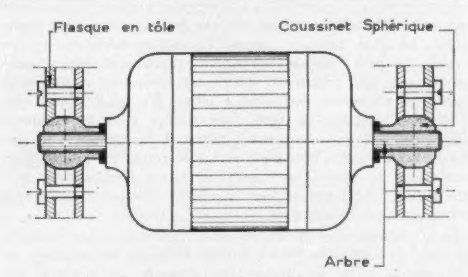



Fig. 5. — *Montage de coussinet sphérique auto-lubrifiant.*

sibles en régime d'auto-lubrification, on peut encore utiliser ce type de bagues en prévoyant un appoint extérieur. Il n'est pas nécessaire, dans ce cas, de prévoir des pattes d'araignées ou des trous de graissage, car l'huile d'appoint, amenée au contact de la surface extérieure de la bague, s'infiltre facilement dans le réseau capillaire des pores du métal. Le graissage auxiliaire peut être réalisé par un feutre, une mèche ou sous pression dans le cas de charges très élevées.

## Montage des coussinets

Les coussinets auto-lubrifiants peuvent se présenter sous forme de bagues lisses ou de rotules. Il faut proscrire l'alésage, car l'outil couche le métal et bouche les pores suintants; la rectification serait encore plus dangereuse car l'émeri des meules s'incrusterait dans les pores.

Les coussinets à rotules ou coussinets sphériques (fig. 5), dont la surface extérieure est constituée par deux calottes sphériques concentriques raccordées par une partie cylindrique, doivent être centrés dans une cuvette sphérique ou conique ménagée dans le bâti de la machine et maintenus par une flasque présentant un logement sphérique ou conique; ces logements peuvent être obtenus par fraisage ou plus simplement par emboutissage de tôles minces. L'emploi de deux coussinets à rotule permet d'obtenir l'alignement automatique des alésages des deux coussinets sans usinage précis de leurs logements. La précision d'exécution de l'alésage des coussinets sphériques, correspondant aux qualités I S A-7 ou 8, leur assure un fonctionnement sans jeu et particulièrement silencieux.

Les coussinets cylindriques doivent, au contraire, être

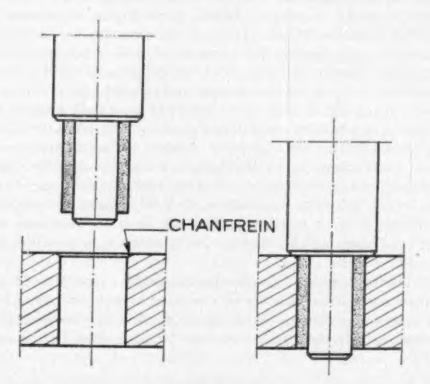



Fig. 6. — *Diagramme de calibrage d'un coussinet fritté.*

emmanchés à force dans un logement cylindrique usiné dans le bâti de la machine. Le serrage à prévoir, qui maintient la bague dans sa position, dépend de l'élasticité des parois du logement et varie, par suite, en fonction de la nature du métal (acier, fonte, alliage léger, zamac...) constituant ce logement et de l'épaisseur des parois. Afin de ne pas déformer l'alésage de la bague, l'emmanchement doit être réalisé à la presse (et non avec un marteau) en utilisant un mandrin d'emmanchement conforme à la figure 6. Compte tenu des tolérances nécessaires d'usinage du logement et des tolérances de fabrication sur le diamètre extérieur et l'alésage de la bague avant montage, l'emmanchement sans mandrin se traduirait par une trop grande dispersion du diamètre intérieur

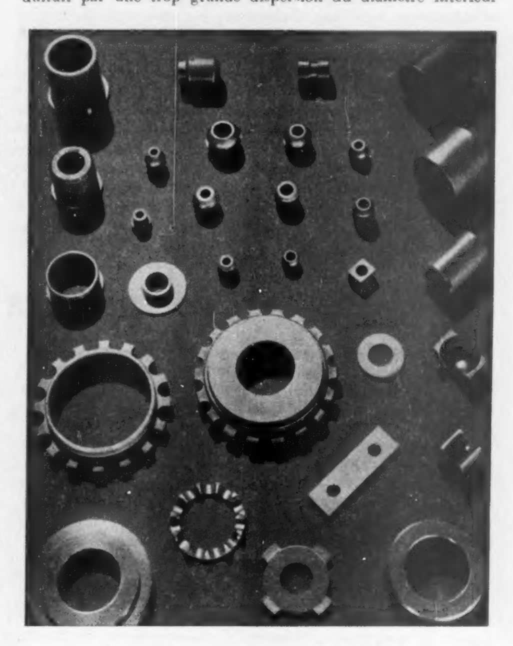


Fig. 7. — *Pièces diverses en bronze fritté.*

des coussinets après mise en place (qualité I S A-11). C'est le mandrin d'emmanchement qui, en recalibrant légèrement la bague, détermine pratiquement le diamètre de l'alésage du coussinet après montage et permet ainsi de respecter des tolérances correspondant à la qualité I S A-7.

## Principales applications

Les coussinets auto-lubrifiants présentent de très gros avantages dans tous les cas où l'on ne peut attendre de l'utilisateur un entretien régulier ou lorsque le graissage est matériellement impossible du fait de la situation des paliers correspondants. C'est le cas des appareils électro-domestiques, moteurs de machines à coudre, aspirateurs, rasoirs électriques, des machines de bureau, appareils plombés par le constructeur, moteurs électriques de faibles et moyennes puissances, caméras, projecteurs de cinéma, axes de convoyeurs, appareils de levage et de manutention, machines agricoles, appareils de signalisation, jouets, etc.

L'industrie automobile fait un très large usage des coussinets auto-lubrifiants pour les arbres de pompe à eau, démarreur, génératrice, distributeur, essuie-glace, axes de pédaliers, colonne de direction, rotules... Leurs faibles dimensions et l'absence de tout dispositif de graissage additionnel permet de simplifier et d'alléger les mécanismes. La suppression de toute projection d'huile rend leur emploi avantageux dans les broches de filature, les machines textiles, les machines à papier, l'industrie alimentaire. Leur fonctionnement, beaucoup plus silencieux que celui des roulements à billes, les fait adopter dans les machines d'enregistrement du son, les tourne-disques, les projecteurs de cinéma.

La métallurgie des poudres est une importante conquête de la métallurgie moderne. Wollastone, dès 1800, fabriquait des pièces de monnaie en comprimant et en frittant du platine en poudre, mais le développement industriel n'a commencé qu'un siècle plus tard pour la production des filaments de tungstène des lampes à incandescence. Quoique les applications des métaux poreux aient été décrites dès 1909 dans un brevet anglais, l'emploi industriel des coussinets auto-lubrifiants ne s'est généralisé que vers 1925, dans l'industrie automobile américaine. On fabriquait ces coussinets en France dès 1930 et leur production actuelle dépasse 15 t par mois. De nombreux ingénieurs ignorent encore l'existence de ces alliages qui se prêtent aux applications les plus diverses, comme le montre la figure 7, sur laquelle on peut voir des coussinets cylindriques avec et sans épaulement, des coussinets sphériques, des demi-rotules, des cages pour roulement ou butées à billes, des pièces d'accouplement, des rondelles de butée, des guides pour mouvements rectilignes... A ces nombreuses pièces il faut ajouter les filtres en bronze fritté, obtenus à partir de poudres à grains sphériques, qui se caractérisent par leur haute perméabilité, leur très grande régularité et une excellente résistance aux chocs mécaniques ou thermiques.

La fabrication des bagues auto-lubrifiantes et d'une manière générale de toutes les pièces frittées nécessite un outillage de compression et de recalibrage très onéreux, ne pouvant être amorti que pour des séries d'au moins 10 000 pièces identiques; il faut donc adopter un certain nombre de types normalisés dont l'échelonnement permettra de satisfaire la plupart des besoins de l'industrie mécanique.

R. Girschig.

Les figures illustrant cet article ont été communiquées par la Société « Le Carbone-Lorraine » que nous remercions de nous avoir autorisé à les reproduire.

# Les moules en péril ?

Les écologistes s'appliquent à connaître l'aire occupée par chaque espèce vivante et les facteurs du milieu qui limitent son expansion. Rapprochant leurs observations des données géographiques, océanographiques, météorologiques, ils aboutissent à des synthèses où apparaissent des zones, des régions, des provinces de peuplement plus ou moins étendues et définies.

Mais c'est là une vue statique que les faits obligent souvent à modifier. La vitalité de l'espèce est-elle constante ou bien ne passerait-elle pas, selon des vues évolutionnistes, d'une jeunesse exubérante partant à la conquête du globe à une vieillesse décrépite, à l'âge des reliques proches de l'extinction ? Il est vrai que cette évolution est de si longue durée qu'une vie d'homme ne suffit pas pour l'apercevoir. Très souvent, d'autres facteurs plus sensibles se révèlent : des variations de climat, de température, d'humidité, de nourriture, de milieu, de voisinage, d'association, d'ennemis, d'infections, qui atteignent tout un territoire ou tous les individus d'une espèce. L'homme intervient souvent, volontairement ou inconsciemment, par ses conquêtes, ses acclimatations, ses transports, ses activités grandissantes. Parfois le changement est si brusque qu'il ne reste pas inaperçu. On l'observe surtout dans les milieux les plus étroits, les moins stables, à la limite des zones géographiques étendues.

Le bord de la mer est un des lieux d'observation facile et d'exploitation économique où ces faits attirent le plus l'attention. On y a maintes fois signalé en France la brusque disparition — temporaire ou définitive — d'espèces de valeur, par exemple la baleine des Basques, et l'on connaît les aléas de maintes pêches comme celles du bar, de la sardine, etc. En ces dernières années, on a vu les prairies de zostères mourir en une saison sur toutes les côtes de l'Atlantique nord et elles n'ont pas repoussé sensiblement depuis, privant les alevins de maintes espèces de leur abri et de leur nourriture et les emballeurs d'une fibre qu'ils appréciaient. Par contre, les *Spartina*, venues d'Amérique, ont colmaté bien des côtes vaseuses, la baie du Mont Saint-Michel entre autres. En 1920, les bancs d'huîtres européens ont été appauvris en un été par une mortalité d'origine inconnue et depuis qu'ils se reconstituent, ils ont deux nouveaux ennemis importés d'Amérique, deux mollusques, *Crepidula* qui prend la nourriture et *Urosalpinx* qui perfore les coquilles.

Les moules à leur tour donnent depuis peu encore d'autres soucis. En Hollande où les parcs d'élevage abondent, notamment dans les estuaires de la Meuse et de l'Escaut, on a constaté depuis deux ans une mortalité telle que les exportations sont tombées de 50 000 à 5 000 t. On en a cherché la cause et on a trouvé dans l'intestin des mollusques un copépode parasite auquel on a attribué le désastre. Devant la menace d'une infestation de leurs parcs, des pays voisins ont interdit les importations. Enfin l'Office français des pêches maritimes a organisé un colloque international, le colloque du « Cop rouge », dont le compte rendu a été publié récemment [1].

Le copépode mis en cause avait été découvert en 1902 par Stener dans des moules de Trieste et de Naples, et nommé par lui *Mytilicola intestinalis*. Pesta en fit connaître les stades larvaires en 1907. Dollfus l'a retrouvé en 1924 à Banyuls et Caspers à Hambourg en 1939. Ce n'est qu'en 1950 qu'il a acquis la notoriété. C'est un bel animal rouge sang (fig. 1) dont les mâles atteignent 5 mm et les femelles 9; on en trouve dans l'intestin des moules, en compagnie de jeunes immatures, sans qu'ils paraissent fixés à la paroi. Libérés, ils se montrent actifs et se contractent, se tortillent dans l'eau. Les femelles mûres portent deux sacs ovigères où l'on aperçoit dans leur coque des larves nauplius translucides, à l'œil rouge; les coques se déchirent et il en sort un petit nuage de larves nageuses d'environ 0,3 mm qui ne tardent pas à muer et à pénétrer dans d'autres moules.

Il est étonnant qu'un animal aussi visible, logé dans un mollusque aussi banal, ait été si rarement signalé. Faut-il admettre que son extension serait toute récente et proviendrait de moules méditerranéennes fixées sur la coque d'un bateau arrivé

1. *Revue des travaux de l'Office scientifique et technique des pêches maritimes*, t. XVI, 1951, 90 pp.

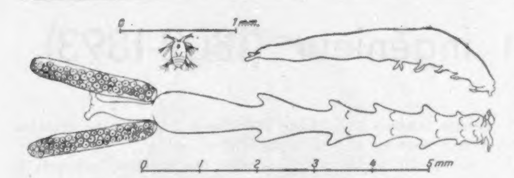



**Fig. 1. — Mytilicola intestinalis, *parasite des moules.***
En haut, à gauche : *larve nauplius* ; à droite : mâle adulte ; en bas, femelle porteuse de sacs ovigères.

dans un port nordique ? En Hollande, où la mortalité des moules commença en 1949, elle coïncida avec la découverte du « Cop rouge », mais celui-ci manque encore dans la Mer de Wadden où les conditions sont pourtant semblables. En Allemagne, il fut trouvé près de Cuxhaven en 1938 et il a envahi les gisements de moules de la Frise orientale jusqu'à la frontière de Hollande, mais il manque dans ceux de la Frise septentrionale jusqu'au Danemark. En Belgique où la côte est plus battue, *Mytilicola* existe au nord d'Ostende et manque au sud. En Angleterre, toute la côte sud est infestée et en Irlande la région de Cork. En France, on l'a trouvé dans des moulières, de Boulogne au Cotentin, de Morlaix à la Loire, à Bayonne et de Banyuls à Toulon. Partout, il abonde surtout dans les gisements denses, dans les estuaires, près du fond.

Quels rapports le « Cop rouge » a-t-il avec le dépérissement des moulières hollandaises ? Certes leurs apparitions semblent contemporaines, mais partout ailleurs où les *Mytilicola* abondent, au nord comme au sud, les mollusques restent jusqu'ici bien vivants, les bancs prospères et peuplés. Quand les parasites deviennent nombreux, agiraient-ils par leur nombre, obstrueraient-ils l'intestin du bivalve, lui prendraient-ils la nourriture, irriteraient-ils ou blesseraient-ils la muqueuse digestive ou introduiraient-ils quelque bactérie ou quelque virus pathogène ? Toutes ces hypothèses ont été émises au cours du colloque de Paris, mais il reste à les vérifier par l'observation et par l'expérience. Un peu partout, on s'est mis à l'œuvre, puisque la mytiliculture est une richesse de beaucoup de côtes. Pour le moment, on ne connaît pas d'accidents observés chez l'homme après ingestion de coquillages parasités ; ils sont donc inoffensifs. On a interdit l'importation des succulentes moules des Pays-Bas pour ne pas contaminer davantage les parcs des autres côtes. Et l'on peut aussi espérer, si la science ne réussit pas à faire disparaître le copépode incriminé, que la bonne nature renouvellera une fois encore ce qu'elle a réussi tant de fois, la reconstitution des bancs et des élevages menacés, comme il advint déjà pour l'huître, la moule et tant d'autres espèces momentanément en déclin.

René Merle.

# L'Archipel des Cocos

L'Archipel des Cocos est un groupe de 27 îlots, dont le plus grand ne mesure que 8 km², entourant un lagon central, dans l'est de l'Océan Indien, par 96°50′ de longitude est et 12° de latitude sud. Ces îles basses, émergeant à peine au large, marquées seulement par les milliers de cocotiers auxquels elles doivent leur nom, éloignées des lignes de navigation, semblaient bien destinées à n'entrer jamais dans l'Histoire.

Et cependant, à lire ce que l'*Encyclopédie mensuelle d'Outre-Mer* en dit, avant d'annoncer leur dernier avatar, on reste stupéfait de tout ce qu'on y a déjà vu.

Les îles des Cocos furent découvertes il y a trois siècles et demi, au temps que s'organisait le commerce maritime avec l'Extrême-Orient. En 1857 seulement elles furent déclarées possession britannique et confiées à Ceylan, puis aux Straits Settlements, puis à Singapour, avant d'être annexées l'an dernier au Commonwealth d'Australie. Elles eurent la visite, il y a 120 ans, de Charles Darwin, pendant son voyage autour du monde à bord du *Beagle* et elles lui inspirèrent même sa théorie des îles madréporiques. Puis, elles servirent de point d'appui au câble télégraphique sous-marin qu'on posa au début de ce siècle entre l'Australie et le Cap. Ensuite, ce fut le croiseur allemand *Emden*, en chasse dans ces parages, que le croiseur australien *Sydney* réussit à couler dans les îles. On y maintint quelque temps un terrain d'atterrissage. Enfin, les Australiens viennent d'y acquérir un terrain de 138 ha et se préparent à y installer une base aérienne, munie d'une piste de lancement de 2 500 m de long et de 450 m de large, permettant l'envol et l'arrivée des plus gros avions modernes. Le ciel y sera surveillé par des émetteurs en liaison avec un poste radiogoniométrique de l'Australie occidentale. L'histoire des îles Cocos n'est donc pas terminée. Elles deviennent une escale aérienne et un point de surveillance des routes qui assurent la liaison de l'Afrique, de l'Inde et de l'Australie et aussi de l'Europe, du Cap, de l'Australie et de l'Extrême-Orient. Elles auraient donc encore une place à tenir et un rôle à jouer dans un éventuel conflit mondial.

R. M.

# Nouveau type de rivets creux

La petite industrie et l'aviation font grand usage de rivets creux en fer, en laiton ou en alliages légers, composés de deux pièces, le corps et la tête, et qu'on pose avec des machines à riveter qui écrasent le sommet du corps du rivet en accordéon à l'intérieur du chapeau formant la partie supérieure de la tête (fig. 1). L'extrémité du tube ainsi repliée forme un élargissement qui empêche la séparation des deux parties du rivet.

En pratique il arrive souvent que cette déformation de l'extrémité du corps ne se fasse pas de façon symétrique : le rivet ne présente alors aucune garantie de solidité. Cette pose incorrecte n'est souvent pas facile à déceler et cette incertitude nuit aux applications des rivets de ce type ; ils ne conviennent donc qu'aux pièces sans importance.

Un nouveau type de rivets creux remédie à ce défaut en garnissant l'intérieur du corps du rivet, à son sommet, avec une substance plastique, plomb ou simplement brai. On pose alors le rivet à l'aide d'un doigt de guidage de longueur et de forme appropriées s'introduisant à l'intérieur de la partie tubulaire. Ce doigt centre le rivet sur la pièce et agit comme un piston refoulant la matière plastique qui se déforme et dilate de façon symétrique le sommet du corps à l'intérieur de la tête, comme l'indique la figure 2.

La matière plastique est coulée dans le tube embouti à la fabrication ; les utilisateurs de grandes quantités de ces rivets peuvent également leur conférer une résistance accrue en y introduisant au moment de la pose une bille de plomb encollée.

On parvient par ce procédé simple à accroître de 80 pour 100 à 150 pour 100 la résistance à la rupture des rivets et, ce qui est plus important encore, à en assurer la parfaite régularité : on n'a plus ainsi de rivets mal posés entraînant une fâcheuse insécurité dans les assemblages qu'ils réalisent.

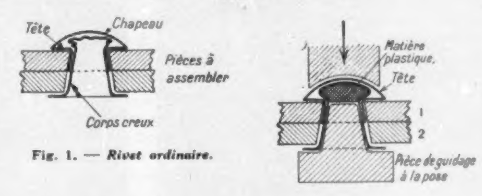



**Fig. 1. — *Rivet ordinaire.***

**Fig. 2. — *Rivet à matière plastique incluse.***

# Colladon, physicien et ingénieur (1802-1893)

Nous évoquerons, à l'occasion du 150e anniversaire de sa naissance, la figure et les travaux du physicien et ingénieur suisse Daniel Colladon et le rôle important qu'il a joué à l'École Centrale.

Né en 1802, d'une famille d'origine berrichonne réfugiée, pour motif de religion, à Genève depuis le début du XVIe siècle, Jean-Daniel Colladon se sentit attiré tout jeune par la physique et la mécanique; s'il se fit recevoir docteur en droit et prêta le serment d'avocat, ce ne fut guère que pour satisfaire un désir de son père, mais il ne plaida jamais.

A 16 ans déjà, il fondait avec quelques amis, une « Société de philosophie » où l'on ne pouvait être admis qu'en lisant un mémoire original; bien des professeurs de l'académie, Pyramus de Candolle, Th. de Saussure, Auguste de la Rive, ne dédaignèrent pas d'y venir parler de leurs recherches personnelles. On trouve là, entre beaucoup d'autres, deux hommes dont l'amitié n'a jamais fait défaut à Colladon : Charles Sturm, l'ami d'enfance, le collaborateur qui devait, plus tard, acquérir la célébrité par la découverte de « son » théorème; Jean-Baptiste Dumas qui, profitant des loisirs que lui laissait sa position de « garçon pharmacien » dans la célèbre officine Le Royer, exécutait alors ses premières recherches chimiques.

Le premier travail important de Colladon, exécuté en collaboration avec Sturm visait la compressibilité des liquides et sa mesure; il valut aux deux jeunes gens le Grand Prix de l'Institut en 1827. Colladon entreprit ce travail à Genève et voulut, à ce propos, mesurer la vitesse du son dans l'eau, ce qu'il fit d'abord entre Rolle et Thonon, sur une distance d'environ 13,5 km, puis plus tard entre Nyon et Montreux, sur une cinquantaine de kilomètres, la plus grande longueur mesurable en ligne droite dans le Léman. L'expérience est trop connue pour que nous la décrivions, ici, une fois de plus, mais peut-être nos lecteurs s'amuseront-ils à contempler les dessins, somme toute assez naïfs, dont il tint à en illustrer le récit dans ses *Souvenirs* (fig. 1 et 2).

Le travail sur la compressibilité des liquides, entrepris à Genève, ne pouvait, faute d'appareils, y être achevé et Colladon dut partir pour Paris, toujours en compagnie de l'inséparable Sturm. Ampère, qui connaissait et appréciait Colladon, lui ouvrit son laboratoire du Collège de France et voulut faire nommer Colladon et Sturm préparateurs de son cours. Malheureusement le bureau du Collège de France, en l'absence d'Ampère, nomma Savart préparateur.

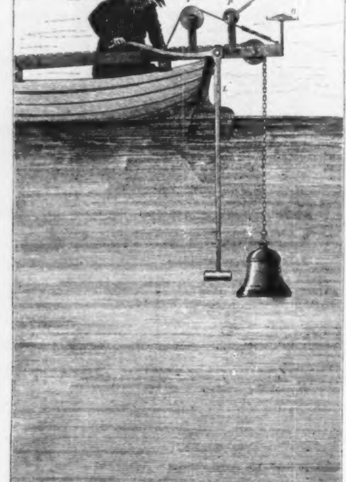
Savart, d'un autoritarisme farouche, interdit l'entrée du laboratoire à Colladon. Dumas, l'ami fidèle, alors préparateur du Baron Thénard à Polytechnique, prêta les instruments nécessaires. Au prix d'un travail acharné, le mémoire sur la compressibilité des liquides put être achevé en temps voulu. Colladon raconte qu'il préférait travailler la nuit, à un moment où la température est plus constante et qu'il faillit se faire mettre à la porte par son logeur qui, ne le voyant jamais rentrer avant 3 ou 4 h du matin, craignait pour la réputation de sa maison. Les deux jeunes gens n'étaient pas riches et Colladon écrit :

« Pendant trois mois, nous n'avons dormi que trois ou quatre heures par jour, nous ne dépensions en moyenne qu'un franc par 24 heures pour notre nourriture; enfin, les trois derniers jours, nous ne nous sommes pas couchés, écrivant vingt heures par jour; pendant ces soixante-douze heures, je n'ai pas dormi une heure, ni mon ami. Le 5 avril, à 5 h du soir, nous portâmes au Palais Mazarin notre travail achevé ».

Rappelons, à propos de ce travail, qu'en exécutant sa mesure de la vitesse du son dans l'eau, Colladon constata que le son se propage à de beaucoup plus grandes distances dans l'eau que dans l'air; une quinzaine d'années plus tard, il songea à tirer parti de cette constatation pour établir des communications à grande distance au travers d'un bras de mer ou d'un cours d'eau.

Nous ne pouvons détailler tous les travaux qui occupèrent Colladon tout au long de sa longue carrière de 91 ans. Nous parlerons encore de deux des activités qui le retinrent le plus longtemps : la fabrication du gaz d'éclairage et son perfectionnement ainsi que l'emploi de l'air comprimé comme force motrice.

En 1884, en partie sur son initiative, sa ville natale décida d'introduire l'éclairage au gaz et c'est Colladon qui fut le premier ingénieur de l'entreprise. A partir de ce moment, il se voue au gaz, construit de nouvelles usines, réorganise des distributions défectueuses, s'intéresse à de nouvelles installations, à Naples, à Venise, un peu partout en Suisse. Il intro-



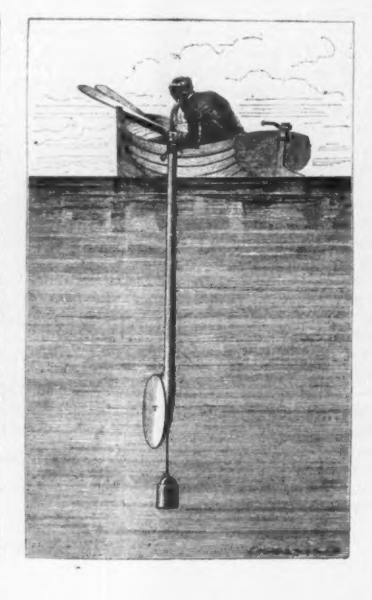


**Fig. 1 et 2. — *Mesure de la vitesse du son dans l'eau par Colladon.***
A gauche, bateau expéditeur du son ; à droite, bateau récepteur.
(J. Daniel Colladon, *Souvenirs et Mémoires*, Genève, 1893).



Fig. 3. — *Jean-Daniel Colladon.*

duit dans la fabrication bien des perfectionnements, en particulier les premiers laveurs-épurateurs par choc. Il était si bien devenu l' « homme du gaz » que, bien plus tard, lorsque le cercle dont il faisait partie décida d'éclairer ses salons à l'électricité, il préféra donner sa démission.

Au cours des travaux d'établissement de la distribution du gaz à Genève, Colladon eut l'occasion de mesurer la résistance éprouvée par les gaz circulant dans les conduites; il trouva des chiffres très inférieurs à ceux que l'on admettait généralement à l'époque, qui étaient calculés par extrapolation d'autres mesures faites sur des tuyaux plus fins. Le fait inspira à Colladon l'idée de se servir de l'air comprimé comme transporteur de force motrice. A l'époque, le Piémont projetait de joindre les deux parties du royaume en creusant le tunnel du Col du Fréjus (improprement appelé depuis tunnel du Mont Cenis) et un ingénieur belge, Maus, avait fait le projet de produire la force motrice nécessaire par des moteurs hydrauliques placés à l'extérieur et de transmettre cette force jusqu'au front d'attaque par des câbles sans fin circulant tout le long du tunnel. Colladon eut l'idée de remplacer ce dispendieux et dangereux système par des canalisations d'air comprimé grâce auxquels on pourrait, non seulement mettre les perforatrices en action, mais aussi ventiler le boyau; on pouvait dès lors employer la poudre au fond du tunnel sans vicier l'air outre mesure. Cavour s'intéressa à ce projet et le savant genevois allait aboutir à ses fins lorsque la mort de son protecteur anéantit tous ses espoirs. Ce n'est que plus tard qu'il put, lui-même, expérimenter son système au tunnel du Saint-Gothard.

Revenons un peu en arrière et rapportons le rôle joué par Colladon à l'École Centrale. Recruté comme professeur par J. B. Dumas, avec Benoit, Péclet, Olivier, Colladon assista à tous les conciliabules préliminaires et put intervenir en faveur de la future école auprès du ministre de l'Instruction Publique dont l'autorisation était indispensable, bien que l'école dût être purement privée. Il n'en refusa pas moins de faire partie du conseil des fondateurs et devint donc simple professeur, d'abord pour la physique générale, comme adjoint de Péclet, puis, deux ans plus tard, il était chargé d'un cours sur les machines à vapeur; enfin, il occupa la chaire de mécanique générale et d'analyse mathématique jusqu'en 1833, date à laquelle il rentra à Genève pour prendre la chaire de mécanique théorique et appliquée que l'Académie de sa ville lui offrait.

Doué d'un sens pratique aigu, Colladon enthousiasma ses élèves de l'École Centrale en leur montrant des pièces de machine telles qu'on les employait dans l'industrie, tiroirs de distribution, pistons à ressort ou à tresses de chanvre, etc. Ayant à parler des pompes, il fit monter dans l'amphithéâtre deux cuviers dont l'un était muni d'une jauge; il faisait agir chaque pompe pendant trois minutes et mesurait la quantité d'eau ainsi élevée. Il n'hésita pas, même, à faire venir de l'eau malpropre ou chargée de boue ou de sable, afin de démontrer l'avantage ou le défaut de telle ou telle pompe.

Connaissant à peu près tous les industriels de Seine et de Seine-et-Oise, il put compléter ses cours par de fréquentes visites d'usines.

En 1832, l'école subit une crise grave : le choléra avait éclaté à Paris et nous avons peine, aujourd'hui, à concevoir l'état d'exaspération et de panique de la population, qui faisait la chasse aux « empoisonneurs d'eau ». La terreur régnait dans Paris et un grand nombre d'élèves de l'école avaient fui vers la province; le directeur, Lavallée, fut atteint du choléra et fit connaître son intention de liquider l'école à cause de sa maladie. Deux des fondateurs, Olivier et Péclet, endoctrinés par l'un des professeurs, Raucourt, faisaient déjà le projet de reconstituer une école indépendante.

Colladon, considérant que Lavallée avait engagé presque toute sa fortune dans la fondation de l'école ne consentit pas à ce qu'on l'éliminât purement et simplement, fût-ce sur sa demande. Il proposa de renoncer provisoirement à son traitement de professeur et demanda à ses collègues d'en faire autant afin de maintenir, malgré tout, l'école. Avec Perdonnet et Dumas, ils entraînèrent la plupart de leurs collègues et l'école put rouvrir ses portes, les bénéfices étant consacrés exclusivement à l'achat de matériel et au paiement du petit personnel. Au bout de quelques mois, Lavallée, rétabli, retrouva sa place et l'école reprit une marche normale.

Terminons par un trait qui montre bien le désintéressement et la conscience scientifique de Colladon. En 1833, il faisait à Londres partie d'un jury chargé d'apprécier un dynamomètre présenté par un inventeur du nom de Taurines; il avait lui aussi, créé un dynamomètre mais, estimant que l'appareil de Taurines valait mieux que le sien propre, il retira son œuvre du concours et s'employa à faire décerner la médaille à son concurrent.

 CRAMER.

## La production du soufre en France

La France est presque en totalité tributaire de l'étranger pour son approvisionnement en soufre. Celui-ci est difficile par suite de la pénurie mondiale qui sévit actuellement sur ce produit.

Le gisement de Malvézy, près de Narbonne a fourni 11 000 t de soufre en 1951; sa production pour 1952 sera en accroissement notable, mais encore bien insuffisante pour satisfaire aux besoins, ceux de la viticulture, en particulier.

Un appoint très important va pouvoir être fourni par les gaz naturels de Lacq. Leur débit annuel pourrait atteindre 72 millions de mètres cubes. Ils contiennent de 18 à 20 pour 100 d'hydrogène sulfuré, correspondant à 250 g de soufre par mètre cube et sa récupération pourrait fournir 18 000 t de soufre chaque année.

# LES ABERRATIONS DE L'ŒIL

On rapporte souvent une boutade de Helmholtz, déclarant qu'il renverrait à son fabricant un instrument d'optique aussi imparfait que l'œil. Effectivement, le système optique de l'œil laisse beaucoup à désirer si on le compare à quelque objectif photographique. Mais l'habileté de la nature est telle qu'au lieu d'être gênants les défauts optiques de l'œil semblent constituer de très habiles perfectionnements. Il n'est pas impossible qu'un jour, au lieu de construire des instruments d'optique aussi parfaits que possible au sens actuel du terme, les fabricants d'instruments d'optique prennent dans certains cas exemple sur l'œil, et, au lieu de les éviter, essaient d'utiliser ce qu'il est d'usage d'appeler des « défauts optiques ».

Rappelons tout d'abord brièvement en quoi consistent ces défauts. Le but de la plupart des instruments d'optique est de fournir une « image » d'un objet, c'est-à-dire de faire correspondre à tout point A de l'objet un point image A'. A cet effet il est nécessaire que tous les rayons lumineux issus du point A et ayant traversé l'instrument passent par un même point A' (fig. 1), auquel cas, dans le langage des opticiens, il y a « stigmatisme ». S'il n'en est pas ainsi, les rayons lumineux issus du point objet A passent, après traversée de l'instrument, à l'intérieur d'un volume A' plus ou moins important, qui constitue une image floue du point objet. Ce manque de stigmatisme constitue évidemment un défaut optique, que les opticiens appellent « aberration ». La principale difficulté, dans la construction des instruments d'optique, consiste à choisir le système optique en sorte qu'il y ait stigmatisme, ou tout au moins en sorte que la valeur de l'aberration soit suffisamment faible.

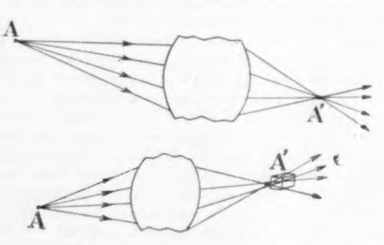



**Fig. 1. — Stigmatisme** *(en haut)* **et absence de stigmatisme** *(en bas)*. Explications dans le texte.

On distingue l'aberration dite « géométrique » et l'aberration dite « chromatique ». L'aberration géométrique est le manque de stigmatisme se produisant même si l'objet est éclairé en lumière monochromatique (elle englobe d'ailleurs aussi la courbure du champ et la distorsion). Ce manque de stigmatisme prend suivant les circonstances diverses formes, dont certaines portent des dénominations particulières : aberration sphérique, coma, astigmatisme. En ce qui concerne l'œil, qui nous intéresse plus particulièrement, seule intervient l'« aberration sphérique », qui est la forme prise par l'aberration géométrique lorsque le point objet A se trouve sur l'axe d'un système optique de révolution et envoie dans ce système un faisceau lumineux d'assez grande ouverture. En ce cas les rayons émergents coupent l'axe en un point A' généralement variable avec la hauteur d'incidence *h* du rayon incident (fig. 2), et, au lieu de venir tous converger en un même point, enveloppent une surface à deux nappes appelée « caustique » sur la forme de laquelle il est inutile d'insister ici.

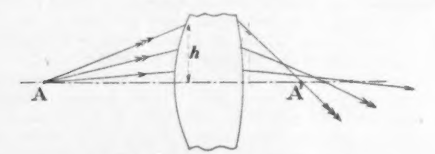



**Fig. 2. — Aberration sphérique d'une lentille.**

***Aberration chromatique.*** — L'aberration chromatique, elle, n'intervient que si l'objet est éclairé en lumière complexe, en lumière blanche par exemple. Elle est due au fait que le trajet suivi par la lumière dans un système optique varie généralement avec la longueur d'onde, si bien que si l'on place un point lumineux blanc A devant une lentille par exemple (supposée dénuée d'aberration géométrique), après traversée de la lentille les rayons lumineux passent par un point A' distinct pour chaque longueur d'onde (fig. 3). Sur un écran E on obtient dans ces conditions une tache centrale sensiblement blanche (car toutes les radiations s'y superposent et reproduisent ainsi la lumière blanche), irisée sur les bords. Si de plus le système optique est entaché d'aberration géométrique, en lumière complexe l'aberration chromatique vient se superposer à cette aberration géométrique. Ces quelques notions un peu arides étant rappelées, voyons comment se comporte l'œil humain en ce qui concerne les aberrations.

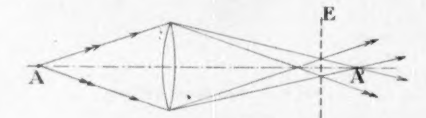



**Fig. 3. — Aberration chromatique d'une lentille.**

Newton, qui fut le premier à observer la décomposition de la lumière blanche par un prisme, fut aussi le premier à remarquer l'aberration chromatique de l'œil. Celle-ci est très importante et peut être facilement mise en évidence. Il suffit par exemple à cet effet de regarder une source ponctuelle blanche recouverte d'un écran pourpre, ne laissant passer que les radiations rouges et bleues. Si l'on fixe son état d'accommodation en sorte que l'œil soit au point pour les radiations rouges, on perçoit un point rouge entouré d'un disque bleu, les radiations bleues formant sur la rétine une tache de diffusion par suite de l'aberration chromatique (fig. 4). Si au contraire on fixe son état d'accommodation en sorte que l'œil soit au point pour les radiations bleues (à cet effet il convient de disposer la source à faible distance de l'œil), on perçoit un point bleu entouré d'un disque rouge.

De très nombreuses mesures de l'aberration chromatique de l'œil ont été effectuées depuis la fin du XVIII<sup>e</sup> siècle, par diverses méthodes, qui seraient trop longues à décrire. Toutefois ce n'est que depuis une dizaine d'années que les résultats obtenus par les chercheurs concordent entre eux. Ils varient évidemment un peu d'un observateur à un autre, mais en moyenne il semble établi qu'un œil emmétrope pour le jaune orangé (exactement pour le doublet D du sodium) est hypermétrope de moins d'une demi-dioptrie pour le rouge (exactement de 0,26 dioptrie pour la raie C de l'hydrogène) et myope de plus d'une demi-dioptrie pour le bleu (exactement de 0,68 dioptrie pour la raie F de l'hydrogène). D'ailleurs si l'on

calcule l'aberration chromatique de l'œil en admettant que la dispersion des milieux oculaires est égale à celle de l'eau légèrement salée, on trouve des résultats analogues, un peu plus faibles toutefois dans le bleu, le cristallin étant probablement plus dispersif que l'eau salée pour les courtes longueurs d'onde.

Étant donné la forte valeur de l'aberration chromatique de l'œil (plus de 1,5 dioptrie d'une extrémité du spectre visible à l'autre), on est en droit de se demander comment il se fait qu'elle ne nous gêne en rien. Il est actuellement impossible de répondre d'une façon certaine à cette question. Il est vraisemblable que la sélectivité de l'écran rétinien explique en partie le phénomène, mais le fait que la courbe d'efficacité lumineuse ait un maximum très prononcé vers 555 mμ ne suffirait pas à nous empêcher de percevoir les halos colorés ou les irisations dues à l'aberration chromatique. H. Hartridge a admis que ces halos ou irisations sont « neutralisés » grâce à un réflexe rétinien « antichromatique », mais ce n'est là qu'une hypothèse. Y. Le Grand a fait remarquer que la lumière diffusée par les milieux oculaires doit « noyer » partiellement les halos ou irisations. Quoi qu'il en soit, l'expérience quotidienne nous montre que l'aberration chromatique de l'œil passe inaperçue. D'ailleurs si on la corrige à l'aide de verres appropriés, l'acuité visuelle ne se trouve pas améliorée.

Il semblerait par contre que l'aberration chromatique de l'œil nous permet d'économiser notablement nos efforts d'accommodation. Certaines expériences que j'ai effectuées tendent en effet à montrer que lorsqu'on fixe un objet éclairé en lumière blanche, on peut généralement mettre au point sur n'importe quelle radiation. En particulier si l'objet est rapproché, on peut mettre au point sur les radiations bleues, ce qui diminue l'effort d'accommodation nécessaire puisque c'est pour le bleu que l'œil est le plus convergent. Il s'ensuit que notre amplitude d'accommodation est nettement plus grande en lumière blanche qu'en lumière monochromatique. Il s'ensuit aussi qu'un œil privé de son cristallin ou dont le cristallin a perdu toute plasticité par sclérose peut conserver un résidu d'accommodation pour les objets éclairés en lumière blanche : il peut se mettre au point sur le rouge pour les objets éloignés et sur le bleu pour les objets plus rapprochés. Physiquement, il est certes difficile de concevoir que lorsqu'on regarde un objet blanc on puisse mettre au point sur n'importe quelle radiation, car lorsque la radiation de mise au point varie, l'image rétinienne en fait autant, et ce n'est que pour une certaine radiation de mise au point (sensiblement le doublet D du sodium, d'après les calculs de Ch. Lapicque) que l'image rétinienne est physiquement la meilleure. Mais les raisonnements physiques ne sont pas toujours valables en optique physiologique. Nous en avons vu un exemple ci-dessus : le fait que l'aberration chromatique de l'œil passe généralement inaperçue.

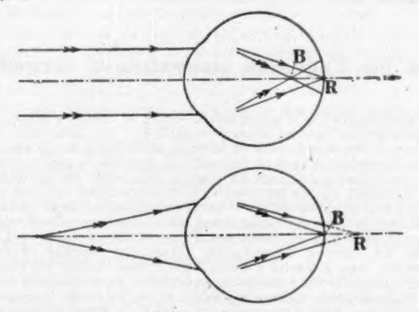



**Fig. 4. — *Aberration chromatique de l'œil.***
*En haut*, mise au point pour les radiations rouges ; *en bas*, mise au point pour les radiations bleues.

***Aberration sphérique.*** — Si les avantages que l'œil parvient à tirer de son aberration chromatique restent encore mystérieux et relèvent probablement de la psychophysiologie, ceux qu'il tire de son aberration sphérique s'expliquent par contre physiquement.

L'existence de l'aberration sphérique de l'œil fut énoncée nettement pour la première fois par Th. Young. Elle peut être assez facilement mise en évidence, à l'aide de l'optomètre de Young par exemple. Cet appareil consiste en une planchette noire sur laquelle est tendu un fil blanc que l'œil, placé à l'une des extrémités de la planchette et légèrement au-dessus d'elle, regarde dans le sens de sa longueur à travers un écran percé de deux fentes verticales. L'observateur aperçoit dans ces conditions deux fils qui se croisent au point conjugué de

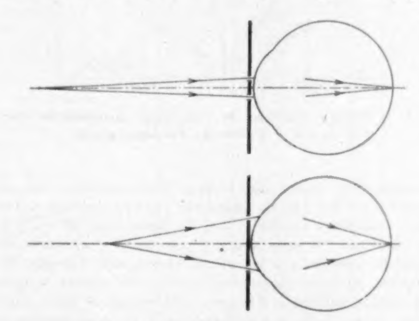


**Fig. 5. — *Aberration sphérique de l'œil.***
Variation du point conjugué de la rétine lorsqu'on modifie l'écartement des deux fentes de l'écran.

la rétine (c'est-à-dire au punctum remotum si l'œil est désaccommodé), puisque tout autre point du fil fournit deux images rétiniennes et apparaît donc dédoublé. Mais on observe que, pour un état d'accommodation donné, ce point conjugué de la rétine varie lorsqu'on modifie la distance des deux fentes placées devant l'œil, autrement dit lorsqu'on modifie la distance à l'axe des pinceaux lumineux utilisés (fig. 5). L'œil est donc entaché d'aberration sphérique.

La mesure de l'aberration sphérique de l'œil est plus délicate que celle de son aberration chromatique, ne serait-ce que parce qu'elle varie avec l'état d'accommodation, qui doit par conséquent être parfaitement fixé lors des mesures. Par ailleurs sa valeur varie notablement d'un observateur à un autre, et seules des mesures faites sur un grand nombre d'yeux permettent de dégager tant bien que mal une valeur moyenne.

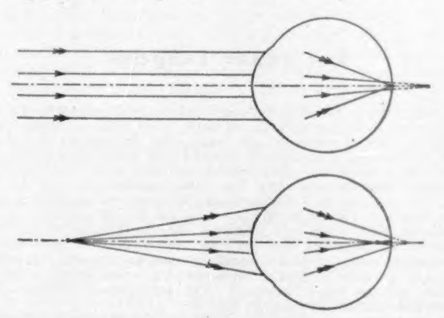


**Fig. 6. — *Sous-correction de l'œil désaccommodé*** (en haut) ***et sur-correction de l'œil accommodé*** (en bas).

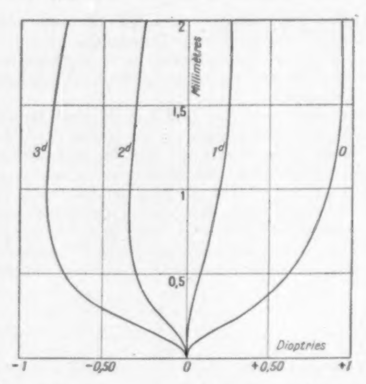



Fig. 7. — *Valeurs moyennes de l'aberration sphérique de l'œil pour 0, 1, 2 et 3 dioptries d'accommodation.*

Il semble bien établi que, lorsque l'œil est désaccommodé, la convergence des rayons augmente avec la distance à l'axe du rayon lumineux considéré (fig. 6), autrement dit qu'il y a « sous-correction »; mais il n'y a pas accord quantitatif entre les résultats obtenus par les divers chercheurs. Lorsque l'œil accommode, de l'avis de presque tous les chercheurs la valeur de l'aberration sphérique diminue, puis change de signe, autrement dit passe à la « sur-correction » (la convergence des rayons diminue avec la distance à l'axe). Les courbes de la figure 7 (une pour chaque état d'accommodation : 0, 1, 2 et 3 dioptries) traduisent mes propres mesures, faites sur une dizaine d'yeux. On a porté en ordonnée la distance à l'axe $h$ du rayon considéré, et en abscisse la valeur correspondante de l'aberration sphérique (positive ou négative suivant qu'il y a sous-correction ou sur-correction) comptée en dioptries : un œil emmétrope pour des rayons lumineux infiniment voisins de son axe (c'est-à-dire pour $h = O$) est, pour des rayons lumineux de hauteur d'incidence $h$, myope ou hypermétrope, de la valeur de l'aberration sphérique correspondant à $h$ (suivant qu'il y a sous-correction ou sur-correction).

D'après la figure 7 l'aberration sphérique de l'œil augmenterait rapidement lorsque la hauteur d'incidence croît de 0 à 1 mm, pour rester ensuite sensiblement stationnaire, ce qui signifierait que pour une distance à l'axe supérieure à 1 mm tous les rayons lumineux convergeraient approximativement en un même point. Ceci expliquerait pourquoi malgré sa valeur élevée l'aberration sphérique de l'œil n'est pratiquement pas gênante, tout au moins pour des diamètres pupillaires égaux ou supérieurs à 4 mm : la majeure partie de l'énergie lumineuse converge en un même point, et tout se passe sensiblement comme s'il y avait stigmatisme. Mais cette rapide variation de l'aberration sphérique de l'œil pour de faibles distances à l'axe est réfutée par certains chercheurs, ne serait-ce que parce que son origine est obscure. Il est en effet très vraisemblable que l'aberration sphérique de l'œil est due au cristallin, ce qui expliquerait ses variations avec l'état d'accommodation, le cristallin se déformant et même changeant de structure durant l'accommodation. Mais on s'explique mal pour quelle raison la convergence du cristallin varierait si rapidement au voisinage de son axe, pour un état d'accommodation donné. Peut-être s'agit-il d'un résidu de noyau embryonnaire. D'ailleurs, le cristallin se modifiant avec l'âge, il est vraisemblable que l'aberration sphérique en fait autant, et il est possible que ce soit là une raison pour que les observateurs d'un certain âge ne soient pas d'accord avec des observateurs plus jeunes !

Puisque l'œil désaccommodé est sous-corrigé et l'œil accommodé sur-corrigé, la convergence des rayons voisins de l'axe rattrape puis dépasse celle des rayons distants de l'axe durant l'accommodation, autrement dit la partie axiale du cristallin augmente plus rapidement de convergence que sa partie périphérique. Grâce à sa structure complexe le cristallin, au lieu d'augmenter de convergence uniformément, peut porter tous ses efforts sur sa partie centrale. Afin que la qualité de l'image rétinienne ne souffre pas de cet état de choses, la nature a prévu un diaphragme, la pupille, qui se referme durant l'accommodation, obturant ainsi les parties périphériques du cristallin et ne laissant à découvert que sa partie axiale, la plus convergente. On voit par quel mécanisme subtil la nature tire profit de l'aberration sphérique de l'œil. Notre connaissance de celle-ci est encore malheureusement très imparfaite et les recherches dans cette voie s'avèrent très difficiles, car à l'origine se trouve le cristallin, qu'il est impossible d'énucléer sans le déformer, et dont il est impossible de reproduire le mode de suspension normal. Pourtant tous les mystères cachés dans cette petite lentille étonneraient certainement bien des opticiens.

Alexandre Ivanoff,
Professeur à l'École Supérieure
de Physique et de Chimie,
Sous-directeur de laboratoire au Muséum.

## Les repas congelés

Le *Bulletin de l'Institut international du Froid* rapporte que la Compagnie hollandaise K. L. M. sert 2 700 repas congelés par semaine. Elle a construit une installation frigorifique à l'aéroport de Schiphol (Amsterdam) destinée à la congélation rapide et à la conservation des plats cuisinés congelés aussi bien que des aliments congelés non cuits. Les deux congélateurs à — 40° C ont une capacité de 3 000 portions ; la durée de congélation est d'environ 3 h. Une chambre froide à — 34° C a été prévue pour la conservation de 5 000 repas congelés. Une autre chambre est destinée au stockage des aliments crus. Sur l'avion les plats cuisinés sont conservés dans des containers en acier refroidis. Ces repas préparés à l'aide de plats cuisinés congelés, connaissant un grand succès sur les lignes aériennes, sont actuellement essayés aux États-Unis sur les chemins de fer.

Le prix d'un repas complet s'échelonne entre 95 cents et 2,20 dollars, soit environ 40 pour 100 de moins que les repas préparés suivant la méthode ordinaire.

## Les jus d'agrumes concentrés et congelés

L'industrie des jus d'agrumes concentrés et congelés a pris en quelques années une importance considérable aux États-Unis. Elle a atteint un volume de plus de 80 millions de litres de jus concentré correspondant à environ 320 millions de litres de jus de fruits. Pour que soient maintenues les qualités originelles des jus d'agrumes, on admet que les jus concentrés et congelés doivent être conservés à une température de — 18° C au maximum. Dans de telles conditions, la durée de conservation est au minimum d'une année.

On voit bien tous les avantages d'une pareille technique : diminution des volumes à manipuler, transporter, stocker. Malheureusement, une difficulté s'avère comme dans toutes les conservations par le froid à basses températures, la nécessité d'éviter tout réchauffement, même temporaire. Si, au cours des transports, la température s'élève au-dessus de — 18° C, la durée de conservation est réduite, même si la température est rapidement ramenée à — 18° C ou au-dessous. Le contrôle continu d'une chaîne de froid est toujours difficile.

# Statistique mondiale des tracteurs agricoles

*LA NATURE* a déjà signalé [1] les problèmes multiples que pose en France l'introduction des tracteurs et des moteurs dans les fermes et dans les champs. La motorisation de l'agriculture fournit certes des commandes à la métallurgie et à l'industrie mécanique; elle consomme des produits importés : essence ou pétrole et graisses; elle contribue ainsi à la prospérité de grandes industries et du commerce international. Elle a l'avantage de permettre un effort plus rapide et plus puissant que les chevaux ou les bœufs; elle diminue la durée du travail de l'homme, permet de mieux profiter des temps favorables pendant des saisons instables et elle libère les prairies et les cultures réservées à la nourriture des animaux de trait. Mais elle supprime aussi le fumier de ferme que les engrais chimiques ne suppléent pas parfaitement et elle entraîne un changement de tout le matériel agricole, inadapté au surcroît de force dont on dispose. On a envisagé ces temps-ci les craintes qu'on pourrait ressentir : que les importations de combustibles liquides cessent ou diminuent par suite d'un brusque trouble de production (dont l'Iran fut un exemple, heureusement amorti rapidement, et dont les récentes grèves aux États-Unis furent un autre), ou d'une augmentation de consommation en cas de guerre ou de tension, ou d'une crise financière réduisant les possibilités de change. La France qui jusqu'ici récoltait à peu près ce qu'il lui faut pour se nourrir, pourrait se trouver sans chevaux pour ses labours, sans essence pour ses tracteurs, ses charrues et ses moissonneuses inutilisables parce que trop puissantes sans moteurs. Certains agronomes ont bien proposé de constituer des réserves de mazout, de construire dans chaque village des réservoirs et d'y stocker des quantités suffisantes pour une année de travaux, mais quel capital faudrait-il immobiliser pour cela et qui prendrait la charge de l'entretien des citernes et de la conservation de liquides volatils et inflammables ?

Ce sont peut-être des réflexions de cet ordre qui ont provoqué, après l'engouement des premières années d'après-guerre pour les tracteurs, un sensible ralentissement des commandes, malgré la propagande et la publicité croissantes. En Europe occidentale, la construction des tracteurs a été inférieure à la capacité de production des fabricants; ils auraient pu en fournir 144 000 de plus en 1950 (soit 67 o/o) et 104 000 en 1951 (soit 40 o/o). En Amérique du Nord, les usines auraient pu en sortir 58 000 de plus en 1950. Malgré un commerce international assez intense : exportation de 199 200 tracteurs, dont 92 100 des États-Unis et du Canada et 83 900 de Grande-Bretagne (soit 88 pour 100), la construction mondiale n'a été que de 906 000 en 1950 et 999 000 en 1951 contre 373 000 en 1937 soit seulement une augmentation de 1,4 et 1,6 fois.

A vrai dire, le passage de la culture familiale, artisanale habituelle, à la culture organisée et mécanisée ne peut être rapide et ne saurait être brusqué. Dans nos pays où la cellule sociale fut jusqu'ici la famille, bien des obstacles s'y opposent : lois successorales, morcellement des terres, mais aussi variété des sols et des climats, et il n'est pas certain que l'industrialisation généralisée des cultures ne serait pas sans dangers : moindres rendements, moins bonne conservation des sols, sans parler de la disparition de la forme de vie paysanne actuelle, de son équilibre moral et social, des incertitudes politiques de toute prolétarisation, pour aboutir peut-être à un affaiblissement de la nation, une restriction de notre indépendance, une menace pour notre ravitaillement.

Que dire des économistes qui ne rêvent que de productivité industrielle, d'exportations, de puissance, qui veulent renforcer

1. La motorisation en agriculture. *La Nature*, n° 3198, octobre 1951, p. 317.

TRACTEURS AGRICOLES EN SERVICE

| Pays | Tracteurs en | | Hectares par tracteur en | |
|---|---|---|---|---|
| | 1939 | 1951 | 1939 | 1951 |
| États-Unis | — | 3 800 | — | 48 |
| U. R. S. S. | 523 | 564 | 430 | 400 |
| Canada | — | 368 | — | 100 |
| Royaume-Uni | 55 | 325 | 135 | 23 |
| France | 30 | 135 | 700 | 156 |
| Australie | — | 132 | — | 100 |
| Allemagne occidentale | — | 126 | — | 68 |
| Italie | 39 | 66 | 395 | 233 |
| Suède | 20 | 60 | 135 | 62 |
| Nouvelle-Zélande | — | 34 | — | 29 |
| Tchécoslovaquie | 6 | 29 | 920 | 190 |
| Danemark | 4 | 22 | 675 | 128 |
| Pologne | 1,5 | 22 | 8 400 | 764 |
| Suisse | 8 | 20 | 63 | 25 |
| Pays-Bas | 5 | 19 | 220 | 58 |
| Hongrie | 7 | 18 | 829 | 322 |
| Islande | 4 | 17 | 375 | 88 |
| Autriche | 2 | 16 | 900 | 113 |
| Roumanie | 2 | 15 | 4 650 | 620 |
| Finlande | 4 | 12 | 625 | 208 |
| Allemagne orientale | — | 12 | — | 416 |
| Norvège | 3 | 10 | 267 | 80 |
| Espagne | 10 | 10 | 1 920 | 1 980 |
| Turquie | 1 | 8 | 14 800 | 1 850 |
| Yougoslavie | 2,3 | 7 | 3 435 | 1 130 |
| Belgique | 1,4 | 7 | 714 | 142 |
| Portugal | 1 | 5 | 5 800 | 1 160 |
| Grèce | 1,5 | 5 | 2 200 | 660 |
| Bulgarie | 3 | 5 | 1 433 | 860 |
| **Régions** | | | | |
| Amérique du Nord | 1 597 | 4 168 | 138 | 53 |
| Europe | 270 | 971 | 615 | 171 |
| Océanie | 53 | 166 | 358 | 114 |
| Amérique du Sud | 35 | 122 | 2 429 | 697 |
| Afrique | 17 | 100 | 10 176 | 1 730 |
| Extrême-Orient | 3 | 23 | 99 000 | 12 913 |
| Moyen-Orient | 5 | 16 | 8 200 | 2 563 |
| Monde entier | 2 503 | 6 130 | 491 | 200 |

la main-d'œuvre salariée en affaiblissant l'agriculture et qui oublient que l'homme doit d'abord manger, mener une vie saine, se loger, vivre sans trop de contraintes pour trouver ou espérer le bonheur ?

Le problème de la nourriture préoccupe d'autre façon l'Organisation des Nations Unies. Elle voit la population du globe augmenter sans cesse sans que les ressources alimentaires semblent suivre la même progression. Elle craint la famine, tueuse de pauvres gens et aussi semeuse de mauvaises pensées; et puisqu'on ne peut proposer de limiter les naissances, ni de laisser raccourcir les existences par des maladies qu'on sait prévenir ou guérir, elle voudrait susciter partout un effort pour produire plus de vivres. C'est pour cela que la section de l'industrie et des matières premières de la Commission économique pour l'Europe (C.E.E.) a entrepris une enquête sur les tracteurs agricoles dans le monde et dressé la statistique du parc de tracteurs de chaque État. Elle vient de publier ses constatations en quelques tableaux sur lesquels il n'est pas sans intérêt de se pencher.

Le tableau que nous publions donne le recensement approximatif des tracteurs agricoles en service dans divers pays (exprimés en milliers), avant la guerre, en 1939, et l'an dernier,

1951. On a aussi calculé le nombre des hectares de terres arables pour lesquels un tracteur serait disponible, à supposer leur répartition uniforme dans chaque État.

Un tel tableau mériterait bien des commentaires. On y voit en tête, de loin, les États-Unis dont le parc est de près de quatre millions de tracteurs, presque les deux tiers du monde entier; mais le pétrole s'y trouve sur place et abonde, les immenses plaines sont mises en cultures extensives, sans très grands soins de rendement ni de conservation des sols; la main-d'œuvre est chère et les menaces d'invasion sont faibles. Seules, la Grande-Bretagne, la Suisse, la Nouvelle-Zélande se sont encore plus équipées pour des raisons diverses dont l'insuffisance de la production agricole nationale est au premier plan. A l'autre extrême, on trouve l'Asie (Extrême et Moyen-Orient) et en Europe l'Espagne et la Turquie. Entre les deux, la France approche de la moyenne européenne, un tracteur par 150 à 200 hectares de terres arables.

La C.E.E. voudrait mieux et elle propose pour les prochaines années deux objectifs, l'un A « historique » ou « probable », l'autre B « dynamique » ou « en puissance » qui conduiraient en 1956 à 10 843 000 ou à 14 368 000 tracteurs dans le monde entier, mais c'est là une augmentation tellement rapide (76 ou 134 pour 100 de plus en cinq ans) qu'elle a bien des chances de rester à l'état de projet, comme tant d'autres, pour de multiples raisons.

Les indications relatives à l'U.R.S.S. sont curieuses. On a beaucoup parlé de la politique de cet État en matière de tracteurs agricoles, liée à la collectivisation des terres et cependant, de 1939 à 1951, le nombre des tracteurs en service n'y a guère augmenté. Sauf l'Espagne, aucun autre pays ne s'est moins motorisé. Les premiers tracteurs apparurent en 1928; en 1936, leur fabrication atteignit son maximum, 116 000, et cessa en 1941; la guerre ne donna que 10 000 tracteurs américains, tandis que les Allemands en enlevaient 137 000 et en détruisaient probablement beaucoup plus; en 1950, on en fabriqua 97 000 et en 1951, 91 000, malgré des plans bien plus ambitieux et on a pour objectif plus d'un ou deux millions en l'an 1956. Mais on manque de caoutchouc pour les pneus et les roues sont d'acier nu ; on est pauvre de combustibles liquides et on parvient difficilement à fabriquer des Diesels; on utilise mal les machines, faute de techniciens et d'ateliers d'entretien et de réparations.

A. B.

# LE CIEL EN JANVIER 1953

**SOLEIL :** du 1er au 31 sa déclinaison croît de — 23°0′ à — 17°23′ ; la durée du jour passe de $8^h17^m$ le 1er à $9^h21^m$ le 31 ; diamètre apparent le 1er = 32′35″,1, le 31 = 32′31″,0 ; *périgée* le 2. — **LUNE :** Phases : D. Q. le 8 à $10^h9^m$, N. L. le 15 à $14^h8^m$, P. Q. le 22 à $5^h43^m$, P. L. le 29 à $23^h44^m$ ; *apogée* le 4 à $22^h$, diamètre app. 29′29″ ; *périgée* le 16 à $23^h$, diamètre app. 33′11″ ; *éclipse totale de Lune* les 29-30, visible à Paris : commencement le 29 à $20^h42^m$, fin le 30 à $2^h53^m$. Principales conjonctions : avec **Neptune** le 9 à $3^h$, à 7°13′ N., et avec **Saturne** à $9^h$, à 8°8′ N. ; avec **Mercure** le 14 à $17^h$, à 1°32′ N. ; avec **Mars** le 19 à $0^h30^m$, à 4°10′ S., et avec **Vénus** à $1^h$, à 4°12′ S. ; avec **Jupiter** le 23 à $2^h$, à 6°37′ S. ; avec **Uranus** le 27 à $23^h$, à $1^h59^m$ S. Occultation de π *Cancer* ($5^m$,6) le 3, émersion à $6^h24^m$,5 — **PLANÈTES : Mercure,** astre du matin, se lève le 1er à $6^h25$, $1^h21^m$ avant le Soleil ; **Vénus,** plus grande élongation du soir le 31 à $11^h$, à 46°54′ E. du Soleil, se couche le 25 à $20^h54^m$, diamètre app. 22″,7 ; **Mars,** dans le *Verseau,* se couche le 25 à $20^h38^m$, diamètre app. 4″,8, en conjonction avec *Vénus* le 18 à $2^h$, *Vénus* à 0°18′ N. ; **Jupiter,** dans le *Bélier,* se couche le 13 à $2^h9^m$, diam. app. 39″,7 ; **Saturne,** dans la *Vierge,* visible dans la seconde partie de la nuit, se lève le 25 à $23^h49^m$, diamètre pol. app. 15″,7, anneau : gr. axe 39″,5, petit axe 9″,5 ; **Uranus,** dans les *Gémeaux,* observable toute la nuit, en *opposition avec le Soleil* le 7 à $2^h$, position le 15 : $7^h10^m18^s$ et + 22°54′, diamètre app. 3″,8 ; **Neptune,** dans la *Vierge,* observable dans la seconde partie de la nuit, se lève le 31 à $23^h10^m$, position le 25 : $13^h30^m58^s$ et — 7°42′, diamètre app. 2″,4. — **ÉTOILES FILANTES :** *Bootides* le 2, radiant β *Bouvier.* — **ÉTOILES VARIABLES :** Minima observables d'*Algol* ($2^m$,3-$3^m$,5) : le 1er à $3^h$,6, le 4 à $0^h$,4, le 6 à $21^h$,2, le 9 à $18^h$,0, le 21 à $5^h$,2, le 24 à $2^h$,0, le 26 à $22^h$,8, le 29 à $19^h$,6. Minima de β *Lyre* ($3^m$,4-$4^m$,3) : le 11 à $7^h$,4, le 24 à $5^h$,7. Maximum de χ *Cygne* ($4^m$,2-$14^m$,0) le 14. — **ÉTOILE POLAIRE :** Passage sup. au méridien de Paris : le 1er à $18^h57^m11^s$, le 11 à $18^h17^m40^s$, le 21 à $17^h38^m8^s$.

**Phénomènes remarquables. — Lumière cendrée de la Lune** le matin les 12 et 13, et le soir les 18 et 19. — **Lumière zodiacale** le soir, à l'Ouest, aussitôt après le crépuscule, en l'absence de la Lune. — **Rapprochement de Vénus et de Mars,** à observer le 18 au soir. — Rechercher à l'œil nu ou à la jumelle, **Uranus, en opposition. — Éclipse totale de Lune,** visible à Paris : entrée dans la pénombre le 29 à $20^h42^m$, entrée dans l'ombre à $21^h54^m$, commencement de la totalité à $23^h5^m$, fin de la totalité le 30 à $0^h29^m$, sortie de l'ombre à $1^h40^m$, sortie de la pénombre à $2^h53^m$ ; grandeur de l'éclipse 1,332 (le diamètre de la Lune étant *un*).

(Heures données en **Temps universel** ; tenir compte des modifications introduites par l'heure en usage).

G. Fournier.

# LES LIVRES NOUVEAUX

**Energy sources. The wealth of the World,** par E. Ayres et C. A. Scarlott. 1 vol. in-8°, 344 p., fig. McGraw-Hill, New-York et Londres, 1952. Prix : relié, 40 shillings.

Données les plus objectives et les plus complètes sur les sources d'énergie dans le monde, leur durée probable, leurs méthodes de conversion, leur évolution future, les statistiques de production et de consommation, suivies de commentaires judicieux sur l'emploi et le gaspillage des sources actuelles d'énergie. Les nations civilisées ne conçoivent plus une vie satisfaisante sans esclaves mécaniques, sans lumière et sans chaleur. Ce livre fait le point des richesses énergétiques actuelles du monde et de leur avenir.

**Automatic Feedback Controll,** par W. R. Ahrendt et J. F. Taplin. 1 vol. in-8°, 412 p., fig. McGraw-Hill, New-York et Londres, 1951. Prix : relié, 60 shillings.

Les techniques automatiques prennent une très grande ampleur. Cet ouvrage précise notamment la notion de feedback (contre-réaction) qui assure la stabilité des servomécanismes et régit la cybernétique. La première partie expose les théories des dispositifs automatiques en utilisant largement les graphiques ; la seconde présente des applications multiples de servomécanismes, régulateurs de vitesses, de débits, de températures, de pressions, de niveaux, etc., à commandes électrique, électronique, pneumatique, etc. Une série de problèmes numériques terminent cet ouvrage.

**Principles of quantum mechanics,** par William V. Houston. International series in pure and applied Physics. 1 vol. VIII-288 p. 16×24. Relié. Mac Graw-Hill, Londres et New-York, 1951. Prix : 48 sh. ou $ 6.00.

Cours de mécanique ondulatoire non relativiste à l'usage des étudiants ayant une connaissance suffisante des « méthodes mathématiques appliquées à la physique » et ayant quelques idées sur la physique de l'électron et plus généralement la physique moderne. L'accès à une bibliothèque mathématique est nécessaire pour

*Le gérant :* F. Dunod. — dunod, éditeur, paris. — dépôt légal : 4e trimestre 1952, n° 2352. — Imprimé en France.
barnéoud frères et Cie, imprimeurs, (310566), laval, n° 2654. — 12-1952.

approfondir certains détails techniques, d'autant plus que l'auteur a préféré ne s'étendre que sur un seul mode d'expression de la mécanique ondulatoire (celui de Schrödinger), pensant que l'acquisition d'une réelle compétence dans un domaine est le meilleur encouragement pour étudier l'ensemble. Les applications à la spectroscopie, aux problèmes de rencontre de particules, a la théorie des électrons dans les solides et aux radiations électromagnétiques invitent à la documentation personnelle. Guide sérieux pour le lecteur des publications spécialisées.

**Conformal mapping,** par Zeev Nehari. International series in pure and applied Mathematics. 1 vol. VIII-396 p. 16 × 24. Relié. Mac Graw-Hill, Londres et New-York, 1952. Prix : 60 sh ou $ 7.50.

Les transformations conformes sont un chapitre des mathématiques à cheval à la fois sur les mathématiques « pures » et « appliquées » et l'auteur fait tous ses efforts pour combler le fossé qui se creuse entre elles de nos jours. Ce cours s'adresse aux étudiants ayant une bonne connaissance des « mathématiques générales » ou « spéciales », mais les données de base qui leur sont nécessaires sont rappelées au début. De nombreux résultats nouveaux qui jusqu'à présent ne figuraient pas dans les ouvrages d'enseignement sont exposés, mais la bibliographie est intentionnellement absente. Nombreux exercices et problèmes.

**Elements of statistical method,** par Albert E. Waugh. 1 vol. XV-531 p. 16 × 24. Mac Graw-Hill, Londres et New-York, 1952. 3e édition. Prix, relié : 44 sh. ou $ 5.50.

Cette troisième édition d'un ouvrage qui fut bien accueilli conserve son caractère d'introduction facile aux méthodes générales de la statistique. Les connaissances exigées ne dépassent pas celles de « mathématiques élémentaires » et l'on compte beaucoup sur les exemples pratiques pour préparer à la lecture des travaux statistiques. La dernière partie de l'ouvrage s'enrichit de chapitres nouveaux : variance, degrés de liberté. Livre volumineux destiné à un enseignement d'un semestre.

**Colloque international de mécanique,** Poitiers 1950. Tome II. 1 vol. in-8°, 295 p., ill., et Tome III, 333 p., ill. Publications scientifiques et techniques du Ministère de l'Air, Paris, 1951. Prix de chaque tome : 1 800 fr.

**Nomographic charts,** par C. A. Kulmann. 1 vol. in-8°, 244 p., 92 tab. Mc Graw-Hill, New-York et Londres, 1951. Prix : 52 sh.

La transcription graphique des lois de variation des phénomènes permet de résoudre rapidement un grand nombre de problèmes avec un degré de précision au moins égal à celui de la règle à calcul. L'auteur a réuni 92 nomogrammes permettant le calcul rapide des élévations de nombres jusqu'à la 5e puissance, des surfaces des figures géométriques, des calculs d'intérêts, la résolution de problèmes d'hydraulique, de thermodynamique, d'électricité, etc. Cette documentation épargnera aux ingénieurs et techniciens des calculs fastidieux.

**Report on progress in Physics.** Volume XV. 1 vol. in-8°, 338 p., ill. The Physical Society, Londres, 1952. Prix : relié, 2 £ 10 sh.

Série de rapports sur des questions d'actualité. Sélectionnés par le comité de rédaction de la Physical Society de Londres, ces rapports sont, comme ceux des volumes précédents, de la plus haute tenue scientifique. Ils traitent les sujets suivants : les liaisons de l'atome d'hydrogène, la spectrométrie de masse, l'énergie des particules nucléaires, la turbulence, les ferrites, la structure des métaux, les effets galvanomagnétiques dans les conducteurs, les tubes à ondes voyageuses. Une table des sujets traités dans les quinze volumes publiés à ce jour termine cette publication.

**Handbook of applied hydraulics,** par C. V. Davis. 1 vol. 15 × 23, 1 248 p., 750 fig., tab. rel. Mc Graw-Hill, New-York et Londres, 1952. Prix : 101 sh. 6 d.

Œuvre collective d'une série de spécialistes qualifiés, réunis sous l'égide de C. V. Davis. Elle expose les techniques d'hydraulique appliquée sous tous leurs aspects et les appuie par des exemples se référant aux ouvrages les plus récents : barrages de régularisation des rivières, usines hydrauliques, navigation, irrigation, distributions d'eau, réseaux d'égouts, etc. Documentation complète pour le calcul et l'établissement de projets. Au moment où la mise en valeur des ressources hydrauliques et les programmes d'irrigation sont à l'ordre du jour, cet ouvrage intéressera également ingénieurs, entrepreneurs, étudiants.

**College Physics,** par Weber, White et Manning. 1 vol. in-8° relié, VIII-820 p. Mc Graw-Hill, Londres et New-York, 1952. Prix : 52 sh. ou $ 6.50.

Cet ouvrage scolaire comprend l'essentiel de ce que doit connaître un élève ayant terminé ses études secondaires. Il est bien plus volumineux que les ouvrages français correspondants et nul doute qu'il ne mène plus rapidement à la compréhension intuitive des phénomènes. Tout ce qui concerne les applications (mécanique, météorologie, etc.) et la physique moderne y est beaucoup plus développé. Par contre, les exposés théoriques, comme ceux concernant l'optique, sont souvent sommaires. En tête de chaque chapitre, une courte notice est consacrée à un prix Nobel, qu'accompagne son portrait.

**Précis de chimie minérale pharmaceutique,** par R. Dolique. 2 vol. in-8°, 1378 p., 612 fig. Maloine, Paris, 1952. Prix : reliés, 12 500 fr.

L'auteur a fait une large place à la chimie générale, estimant avec raison que les connaissances de base sont indispensables avant d'aborder les monographies. Destiné à l'enseignement, il sera pour les étudiants en chimie et en pharmacie un instrument d'instruction et de formation scientifique de première utilité, leur permettant d'accéder ensuite facilement à des études chimiques plus étroites.

**Les fermentations,** par Eugène Aubel. 1 vol. in-16, 112 p. Collection « Que sais-je ? ». Presses Universitaires de France, Paris, 1952.

Les fermentations m'ont toujours semblé un des meilleurs exemples de la puissance de nos moyens et de l'insuffisance de notre savoir. On fait des vins — et des bons — depuis longtemps à partir de jus de raisins ni constants ni homogènes. Bien qu'on travaille des sucres de formules simples, des glucides, la chimie organique ne suffit pas (sauf en thermodynamique) pour expliquer leurs propriétés et on observe toujours de multiples actions associées où toutes les propriétés de la matière interviennent. Les mathématiciens s'en donnent à cœur joie s'ils veulent, sur des moyennes d'analyse, calculer des réactions isolées, tandis que les biochimistes ont inventé une armée d'ases, de diastases, pour expliquer toutes les réactions. On ne vient pas ainsi à bout de tout. Le chanoine Collin avait écrit un livre aussi désabusé que documenté sur la question. Voici que le professeur de chimie biologique de la Sorbonne aborde au même sujet. Il est instruit, de bon sens ; il a une expérience personnelle ; il expose clairement le sujet, les faits (vus par un biologiste) ; il ne cache rien et il est assez sage pour n'avoir pas de système personnel. Cela nous vaut d'y voir clair, de sentir nos insuffisances, de quoi stimuler la recherche prochaine.

**Biologie des races humaines,** par J. Millot. 1 vol. in-16, 224 p., 6 fig. Collection Armand Colin, Paris, 1952. Prix : 260 fr.

Longtemps, l'anthropologie fut anatomique ; elle évolua vers la biologie il y a une trentaine d'années alors que se fondait l'Institut d'Ethnologie et le premier ouvrage dans cette voie, *Les races humaines*, de Lester et Millot, devint rapidement classique. Depuis, le professeur du Muséum a beaucoup voyagé et observé ; partout on a comparé la biologie, la physiologie, la pathologie des diverses races humaines ; certains ont voulu chercher des critères de supériorité raciale pour étayer leurs idées monstrueuses de domination et même d'extermination. Si bien qu'aujourd'hui les faits sont assez abondants pour juger de toutes ces questions. Avec prudence, sagesse et aussi une parfaite compétence, l'auteur traite de tous ces problèmes brûlants : les races, les métissages, les différences des sangs, des caractères physiques, des maladies. C'est un tableau précis que tous doivent connaître.

**Les bases de l'anthropologie culturelle,** par M. J. Herskovits (5e. 1 vol. in-8°, 344 p., 6 fig. Payot, Paris, 1952. Prix : 900 fr.

Qu'on l'appelle anthropologie culturelle, ethnologie ou étude des civilisations, l'auteur plaide sa cause et réclame sa place dans tous les gouvernements. Il l'étend des sociétés primitives sans écriture et sans histoire aux cultures si diverses avec lesquelles les explorations, les conquêtes, les guerres ont mis les blancs en contact. Partout, il trouve des ressemblances dans des formes diverses et demande qu'on tolère, qu'on maintienne l'homme dans sa diversité pour l'enrichir et le conduire vers ce qu'il devrait être.

**La France. Géographie, tourisme,** par Daniel Faucher. Tome I. 1 vol. in-4°, 544 p., 775 fig., 12 photos et 8 cartes en couleurs. Larousse, Paris, 1951. Prix : relié, 5 400 fr

Dans la très belle série d'ouvrages de la collection Larousse, où l'abondance, le choix, le luxe de l'illustration le disputent à la qualité du texte, voici un nouveau sujet qui sera traité en deux volumes. Un groupe de géographes s'est joint au professeur de l'Université de Toulouse pour présenter la France dans sa diversité de paysages, de cultures, de villages, de villes aux beautés si variées. Ce premier tome est consacré aux régions méridionales : Massif Central, Alpes, vallée rhodanienne, Midi méditerranéen, Pyrénées, Aquitaine ; de chacune, on apprend et on voit les grands traits : relief, climat, eaux, végétation, population et activités, sites et monuments et on découvre maints aspects, souvent peu connus, que les photographies révèlent. Agréable à lire, sans pédanterie, mais avec toutes les références désirables, et plus encore peut-être délicieux à feuilleter comme un livre de belles images, c'est une œuvre choisie, de culture générale, qui apprend à observer et donne envie de voyager, un livre de fond pour toute bibliothèque, un enseignement pour les jeunes, un souvenir pour les vieux, un témoignage de toutes les beautés de notre pays.

**Annuaire hydrologique de la France. Année 1950.** 1 vol. in-8°, 167 p., fig. Société hydrotechnique de France, Paris, 1952. Prix : 140 fr.

Douzième volume de ce recueil des débits et des données météorologiques aux principales stations françaises d'observations hydrologiques, renseignant sur l'énergie disponible sur tout le territoire.

**Appel du bercail,** par Marcel Roland. 1 vol. in-16, 214 p. Mercure de France, Paris, 1952. Prix : 360 fr.

Voici le dixième volume de ces « Pages de nature » où l'auteur présente les bois, les champs et les jardins, les paysages, les hommes et les bêtes dans une chronique où l'histoire naturelle, la philosophie, le pittoresque, l'émotion se trouvent évoqués sans intrigue, tels que les voit un regard clair et paisible. Cette fois, la promenade conduit à travers le Quercy, pays de contrastes durs, aux paysans rudes et placides, où l'on rencontre sangliers et cigales, et tant d'autres, aux quatre saisons de l'année.

**Terre de froid,** par David James. 1 vol. in-16, 265 p., 2 cartes. Julliard, Paris, 1952. Prix : 600 fr.

Puisque la mode est aux terres froides, voici le journal d'un jeune officier de marine de 24 ans, engagé dans les études du Discovery Committee et expédié fin 1944 pour un an au nord-est de la Terre de Graham. Cela nous vaut un tableau très intéressant des Falkland, une histoire des découvertes géographiques dans cette région de l'Antarctique et, notés au jour le jour, tous les aspects, les incidents d'un hivernage et d'un long voyage en traîneau. Le livre est vivant, varié, fort agréable à lire.

**S-51 par le fond,** par Edward Ellsberg. 1 vol. in-8°, 286 p., 14 pl. Arthaud, Grenoble, 1952. Prix : 830 fr.

Éventré par un paquebot, un sous-marin a coulé par 40 m de fond, au large de la côte américaine. Le capitaine Ellsberg est chargé de le renflouer. Après près d'un an d'efforts surhumains des scaphandriers auxquels il participe, il amène l'épave en cale sèche à New-York. Ce livre est le récit un peu long, un peu technique des opérations ; il vaut par l'ardeur et l'audace des sauveteurs qu'il révèle.

**Jahrbuch der Gesellschaft für Natur und Technik.** 1 vol. in-16, 224 p., fig. Natur und Technik, Vienne, 1952.

A la fois annuaire et bilan, ce petit livre offre un calendrier astronomique, un rappel des progrès techniques de l'an passé et une série d'études d'actualité et d'histoire des sciences agréables à lire.

**La ville,** par Pierre George. 1 vol. in-8°, 399 p., 26 cartes, 8 pl. Presses Universitaires de France, Paris, 1952. Prix : 1 400 fr.

Les spécialistes de la géographie humaine ont étudié l'habitat rural bien plus que le fait

urbain. De nombreuses monographies de villes existent, mais les vues d'ensemble sont rares. L'auteur a choisi dans le monde un certain nombre de cités, les a visitées pour la plupart et toutes étudiées aux multiples points de vue de leur passé, de leur développement, de leur site, de leur position, de leur place, de leur spécialisation. Il en a dégagé un point de vue géographique différent de ceux des historiens, des urbanistes, des sociologues, des économistes et il fixe une méthode qu'il applique aux villes de l'Europe occidentale, en particulier à Paris et à Londres, aux villes neuves des pays neufs, notamment à New-York, aux transformations et créations coloniales, enfin aux villes de l'U.R.S.S., dont l'agglomération de Moscou de cinq millions d'habitants. Des plans très clairs accompagnent le texte. L'auteur ne cache pas sa sympathie pour l'évolution russe actuelle, qu'il appelle socialiste, comparée aux expansions européennes capitalistes et coloniales.

**L'année ferroviaire 1952.** 1 vol. in-8°, 236 p., fig. Plon, Paris, 1952. Prix : 660 fr.

Pour la sixième fois, la S.N.C.F. se présente dans ses multiples activités de l'année passée. Elle a raison, puisque devenue nationale, il lui faut périodiquement plaider son avenir et son utilité devant tous. Elle commence chaque fois par séduire, grâce à un écrivain qui vient rêver de voyages ou se souvenir, et c'est cette fois Maurice Bedel qui a fréquenté les trains du monde entier, ou presque. Puis, de doctes ingénieurs, chefs de services qui les obligent aux vues d'ensemble, discutent de la conjoncture économique et financière, de l'avenir des trains, de la position « écrasante » du rail, de l'organisation du ravitaillement et des marchés. Ensuite, on trouve tous les renseignements possibles sur les chemins de fer du monde, en France : personnel, matériel, installations. On apprend et on sait tout.

**L'Afrique en jeep,** par Joe Celrvoost. 1 vol. in-16, 253 p., 65 fig., 6 cartes. Boivin, Paris, 1952.

Décidément, l'Afrique s'entrouvre. Sur une camionnette, avec une parente et un chien, sans armes, l'auteur a travers[illegible] Sahara en plein été, d'Alger à Gao, la N[illegible] le Congo en saison des pluies jusqu'à [illegible] puis remonté de l'équateur au Caire [illegible] pour rentrer à Bruxelles. [illegible] 259 jours par des itinéraires [illegible]quentés par les touristes. Cela n[illegible] d'une plume alerte, maints tableaux [illegible] anecdotes où apparaissent indigènes, [illegible] entrevus au passage.

**La formation des grands domaines au Mexique,** par François Chevalier. 1 vol. in-4°, 480 p., 6 fig. 15 pl., 3 cartes. Inst[illegible] d'Ethnologie, Paris, 1952. Prix : 2 500 fr.

Directeur de l'Institut français de Mex[illegible], l'auteur a longuement étudié dans les archives et les collections d'Espagne et du Mexique, la colonisation, l'occupation des terres, la mise en exploitation aux XVIe et XVIIe siècles par les conquérants : gouverneurs, seigneurs, religieux, cultivateurs, éleveurs, mineurs, au contact des populations et des communautés indigènes, pour aboutir à l'établissement des grands domaines, des haciendas, des majorats, d'une noblesse hispano-mexicaine, qui a marqué l'histoire et l'évolution du pays. Il a vu sur place les restes de cette civilisation et il a ainsi pu écrire cette œuvre originale, monument de géographie, d'histoire, d'ethnologie, inspiré des meilleures méthodes françaises.

**2e Congrès technique national de sécurité et d'hygiène du travail.** Travaux. 1 vol. in-4°, 332 p., fig. Institut national de Sécurité, 9, avenue Montaigne, Paris, 1952.

Importante réunion tenue à La Baule où furent présentés rapports et communications sur l'organisation et le fonctionnement d'un service de sécurité, les statistiques à l'échelon de l'entreprise, les installations industrielles de captation, évacuation et récupération des poussières, gaz et vapeurs, la protection contre les bruits et les vibrations, etc., tous sujets de sécurité sociale actuellement fort étudiés.

**Tout l'occultisme dévoilé,** par Robert Tocquet. 1 vol. in-8°, 327 p., 22 fig., 24 pl. Amiot-Dumont, Paris, 1952.

L'auteur prend une curieuse position : il affirme la réalité de phénomènes métapsychiques, paranormaux, qu'il ne sait pas expliquer, et veut les dégager de la gangue de toutes les supercheries des médiums professionnels, des fakirs, des voyantes dont il étale les truquages et les fraudes. A ce tableau plein de verve, il ajoute d'utiles notices biographiques sur les principaux occultistes, les prestidigitateurs connus et les savants qui se sont mêlés de ces problèmes.

**La mort, cette inconnue !** par le Dr Maurice d'Halluin. 2e édition. 1 vol. in-16, 461 p., 8 fig. Beauchesne, Paris, 1952.

Le regretté professeur de la Faculté libre de médecine de Lille venait de terminer cette mise au point quand il est mort. Se basant sur de nombreuses lectures et observations, il a distingué les stades où les interventions restent possibles, où la reviviscence peut être déclenchée, où l'enfant qui va naître peut être sauvé vivant, et examiné les problèmes religieux qui y sont liés concernant l'administration des sacrements.

## PETITES ANNONCES

(150 F la ligne. Supplément de 100 F pour domiciliation aux bureaux de la revue).

**VENDS** occasion microscope 2 obj. Leitz 3 et 7. Mlle BRAESCH, GOB. 92-53.



*Le gérant* : F. Dunod. — dunod, éditeur, paris. — dépôt légal : 4e trimestre 1952, n° 2352. — Imprimé en France.
barnéoud frères et cie, imprimeurs, (310566), laval, n° 2654. — 12-1952.